

DÉBORA DE MELO TÁVORA

Cirurgiã-Dentista

**INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO DE FILTROS NA QUALIDADE DA
IMAGEM DE TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE FEIXE
CÔNICO**

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, para obtenção do Título de Mestre em Radiologia Odontológica, Área de Concentração em Radiologia Odontológica.

Orientadora: Profa. Dra. Gláucia Maria Bovi Ambrosano

PIRACICABA

2011

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA**
Bibliotecária: Elis Regina Alves dos Santos – CRB-8ª / 8099

T199i Távora, Débora de Melo.
 Influência da aplicação de filtros na qualidade da imagem de
tomografia computadorizada de feixe cônico / Débora de Melo
Távora. -- Piracicaba, SP: [s.n.], 2011.

Orientador: Gláucia Maria Bovi Ambrosano.

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

1. Anatomia. 2. Software. I. Ambrosano, Gláucia Maria Bovi. II.
Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia
de Piracicaba. III. Título.

(eras/fop)

Título em Inglês: Influence of filters on the quality of cone beam computed
tomography images

Palavras-chave em Inglês (Keywords): 1. Anatomy. 2. Software

Área de Concentração: Radiologia Odontológica

Titulação: Mestre em Radiologia Odontológica

Banca Examinadora: Gláucia Maria Bovi Ambrosano, Lucio Mitsuo Kurita,
Solange Maria de Almeida

Data da Defesa: 24-02-2011

Programa de Pós-Graduação em 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 24 de Fevereiro de 2011, considerou a candidata DÉBORA DE MELO TÁVORA aprovada.

A handwritten signature in blue ink, belonging to Gláucia Maria Bovi Ambrosano, is positioned above a horizontal line.

Profa. Dra. GLAÚCIA MARIA BOVI AMBROSANO

A handwritten signature in blue ink, belonging to Lúcio Mitsuo Kurita, is positioned above a horizontal line.

Prof. Dr. LÚCIO MITSUO KURITA

A handwritten signature in blue ink, belonging to Solange Maria de Almeida, is positioned above a horizontal line.

Profa. Dra. SOLANGE MARIA DE ALMEIDA

*Dedico este trabalho aos meus pais
Wanderler e Francy pela total confiança
depositada e pelo amor e apoio
incondicionais.*

AGRADECIMENTOS

À **Faculdade de Odontologia de Piracicaba**, por nos proporcionar diversas fontes de aprendizado, além de dispor de uma equipe de profissionais extremamente qualificados.

À minha orientadora, **Profa. Dra. Gláucia Maria Bovi Ambrosano**, muito obrigada pela prontidão, paciência e ensinamentos transmitidos.

Profa. Dra. Solange Maria de Almeida, muito obrigada por ter sido sempre tão solícita quando eu precisei da senhora, mesmo quando os assuntos não eram profissionais. A senhora foi muito boa comigo, muito obrigada!

Prof. Dr. Frab Norberto Bóscolo, muito obrigada por todas as palavras de carinho, por também ter feito papel de pai e por ter compartilhado tantos conhecimentos, contribuindo ricamente com o nosso crescimento profissional.

Prof. Dr. Francisco Haiter Neto, obrigada por sempre exigir o máximo, pois isso me motivou a aprender mais, me tornando, conseqüentemente, mais capacitada.

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

A **Deus**, pelas bênçãos constantemente concedidas e por me manter forte e otimista para encarar os desafios que a vida impõe.

Painho e Mainha, muito obrigada por acreditarem em mim e não medirem esforços quando o assunto é meu crescimento profissional. Vocês me inspiram força e determinação. Como eu tenho orgulho das suas trajetórias profissionais e posturas como seres humanos.

Ao meu irmão, **Eduardo**, obrigada pelas conversas “psicologicamente confortantes”, pela alegria transmitida e pela torcida, mesmo que silenciosa. E também ao meu irmãozinho, **Antônio Augusto**, lindo de viver, obrigada por ser mais uma alegria em nossas vidas!

Carolzinha e Carlota, muito obrigada pela amizade, pela convivência, pela cumplicidade, pelo cuidado, pelas orientações e pela confiança. Vocês também foram mães-irmãs! Foi muito bom dividir esses dois anos com vocês, obrigada pela experiência ímpar!

À **Flavinha**, ou melhor, “Santa Flávia”, muito obrigada pela disponibilidade, pelas coordenadas e pela parceria na curiosidade sobre os filtros, que tornaram a realização deste trabalho muito mais fluente.

Prof. Dr. Lucio Kurita, muito obrigada por ter me apresentado a Radiologia de uma forma tão espetacular a ponto de eu escolher essa carreira para seguir. Também não posso deixar de agradecer por todas as oportunidades que me ofereceu, sou muito grata por tudo que fez e ainda faz por mim!

Prof. Dr. Osmar Vasconcelos, muito obrigada por também ter sido parte da minha “inspiração radiológica”, e por estar sempre tão disposto a ajudar, mesmo que à distância. O senhor é um exemplo de pessoa e professor!

Não posso deixar de agradecer a todos os amigos que estiveram comigo em Piracicaba. Vocês não imaginam o quanto fiquei feliz em suas companhias e o quanto tornaram meus dias muito mais leves e divertidos! Que a nossa amizade não se limite aos muros da FOP! **Anne, Dani Brait, Lua, Manu, Bia, Gabi, Bela, Laurita, Amanda, Luciana, Camilla e Mari**, e principalmente **Monike, Saulo, Fred e Matheus**, que além de serem amigos, ainda abriram mão de horas, finais de semana e até feriados para avaliar as imagens da minha pesquisa.

À **Profa. Dra. Deborah Queiroz**, que prontamente aceitou avaliar e contribuir com seus conhecimentos, visando o melhor desempenho deste trabalho.

Agradeço também aos demais **familiares e amigos** que não puderam acompanhar tão de perto, por entenderem a minha ausência nos encontros, aniversários, casamentos... mas, principalmente por me apoiarem acima de tudo. Painho, tio João, Lívia, Jay e Dieguinho, obrigada pelas visitas em Piracicaba, que foram tão especiais para mim! Estou aguardando a visita dos outros durante o doutorado, viu?!

Muito obrigada a todos os **funcionários da FOP** e, principalmente, aos funcionários da Radiologia: **Lu**, obrigada por ser a secretária que todos gostariam de ter, você foi fundamental! **Wal, Fê e Giselda**, obrigada por tornarem nosso ambiente de trabalho tão organizado e divertido. Sem vocês, nossas clínicas não teriam sido tão construtivas.

Seja a mudança que você deseja ver no mundo.

Mahatma Gandhi

RESUMO

O objetivo no estudo foi avaliar a influência da aplicação de filtros de realce e suavização na qualidade da imagem de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC), quando da visualização de estruturas anatômicas, assim como identificar as estruturas que apresentam melhor visualização nessa modalidade de exame por imagem. Para tanto, foram utilizadas 40 imagens de TCFC. A partir de cada imagem foram realizados quatro cortes: 1- região de molares inferiores; 2- região de pré-molares inferiores; 3- região de pré-molares superiores; e 4- região anterior, para visualização de treze estruturas anatômicas. De cada região, foram utilizadas uma versão original e mais seis versões de imagens com seis filtros diferentes: *Sharpen*, *Sharpen Mild*, *S9*, *Smooth 3x3*, *Sharpen 3x3*, *Angio Sharpen Medium 5x5*, disponibilizados no software. Um total de 1120 imagens foi avaliado por cinco avaliadores que classificaram a qualidade da imagem das estruturas anatômicas como excelente, bom, aceitável, ruim, muito ruim e não pode ser observado. Os filtros *Angio Sharpen Medium 5x5*, *Sharpen 3x3* e *Sharpen* melhoraram a qualidade da imagem com valores estatisticamente significantes ($p < 0,05$) para todas as estruturas anatômicas, enquanto que as imagens com os filtros *S9* e *Smooth 3x3* permaneceram com a qualidade comparável àquelas sem aplicação de filtros. O filtro *Sharpen Mild* melhorou a qualidade da imagem seletivamente para dentina, câmara pulpar, osso cortical, seio maxilar, cavidade nasal, concha nasal e foramina lingual, porém não influenciou na qualidade da imagem das demais estruturas. Concluiu-se que a aplicação dos filtros *Sharpen*, *Sharpen 3x3* e *Angio Sharpen Medium 5x5* influenciou a qualidade da imagem de TCFC, na visualização de estruturas anatômicas e, que dentre as estruturas avaliadas, esmalte, forame mental, cavidade nasal e concha nasal foram as estruturas melhor visualizadas nas imagens de TCFC.

Palavras-chave: ferramentas de software, tomografia computadorizada de feixe cônico, anatomia.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the application of sharpen and smooth filters in the cone beam computed tomography (CBCT) image quality, on the visualization of anatomical structures, and to identify the structures that have a better view in this imaging modality. For this purpose, we used 40 CBCT images. From each image four sections were performed: 1 - molar region 2 - lower premolars region and 3 - upper premolars region, and 4 - the anterior region, to visualize thirteen anatomical structures. In each region, we used an original and six more versions of images applying six different filters: Sharpen, Sharpen Mild, S9, Smooth 3x3, Sharpen 3x3, Angio Sharpen Medium 5x5, available in the software. A total of 1120 images was evaluated by five evaluators that rated the image quality on a five-point rating scale (1 = excellent, 2 = good, 3 = acceptable, 4 = poor, 5 = very poor, 6 = can not be observed). The filters Angio Sharpen Medium 5x5, Sharpen 3x3 and Sharpen improved the image quality with statistically significant values ($p < 0.05$) for all anatomical structures, while the images with Smooth 3x3 and S9 filters remained with quality comparable to those without filters. The Sharpen Mild filter selectively improved image quality for dentin, pulp chamber, cortical bone, maxillary sinus, nasal cavity, nasal turbinate and lingual foramina but did not affect the image quality of other structures. It was concluded that the application of the filters Sharpen, Sharpen 3x3 and Angio Sharpen Medium 5x5 influenced the CBCT image quality in the visualization of anatomical structures, and that among the studied structures, enamel, mental foramen, nasal cavity and turbinates were structures best seen on the CBCT images.

Keywords: software tools, cone beam CT, anatomy.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	4
3 PROPOSIÇÃO	22
4 MATERIAL E MÉTODOS	23
5 RESULTADOS	30
6 DISCUSSÃO	36
7 CONCLUSÃO	43
REFERÊNCIAS	44
ANEXO	49

1. INTRODUÇÃO

A associação de exames por imagem ao exame clínico para realização de diagnósticos é uma prática rotineira da grande maioria dos profissionais da área da saúde. Todos os exames por imagem tem como objetivo revelar a anatomia do paciente, visto que o reconhecimento radiográfico de patologias é realizado a partir da detecção de uma mudança no padrão anatômico do paciente.

As radiografias digitais são largamente utilizadas pelos cirurgiões-dentistas, apesar de fornecerem imagens bidimensionais, que causam a sobreposição de estruturas, e como consequência, podem prejudicar a correta interpretação de determinados reparos anatômicos (Pohlenz *et al.*, 2008). Uma das grandes vantagens da inclusão dos sistemas digitais na Radiologia é a possibilidade de utilizar múltiplas ferramentas de processamento das imagens, disponibilizadas nos softwares, que podem ser utilizadas para aperfeiçoar a interpretação das imagens radiográficas. Dentre essas ferramentas, podem ser citados os filtros, as opções de mensurações lineares e angulares, a apresentação de histogramas, as janelas, as opções de ampliação e rotação da imagem, entre outras.

Com o advento da tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) no final da década de noventa, a dificuldade de interpretação oferecida pelas imagens bidimensionais foi eliminada, pois a partir de então as estruturas anatômicas passaram a ser exibidas em três dimensões, livres de sobreposição. Anteriormente à TCFC, a tomografia computadorizada *fan beam* (TCFB) era indicada para a área de Odontologia apenas em casos restritos, porém, devido a alta dose de radiação emitida para o paciente, pela dificuldade de acesso e pelo alto custo do exame, a TCFC passou a substituí-la.

A única característica que a TCFC apresenta em comum com a TCFB, é a utilização de raios X. Na TCFC o aparelho é mais compacto e barato, a exposição do paciente aos raios X restringe-se apenas a região de cabeça e pescoço de interesse, o tempo de escaneamento é reduzido, a dose de radiação é inferior, produz pouco artefato na presença de metais, além de ser de mais fácil acesso para os pacientes.

Devido às suas vantagens e facilidades, diferentemente da TCFB, a TCFC passou a ser solicitada por profissionais de várias áreas da Odontologia. Suas principais indicações são: planejamento para remoção de dentes impactados, exame da articulação temporomandibular, em diversos casos de planejamento ortodôntico, em casos endodônticos, no planejamento para colocação de implantes, na avaliação de patologias maxilofaciais e também, em casos de fraturas dentoalveolares.

Como todos os exames por imagem, as imagens de TCFC também estão sujeitas a perda de qualidade. Por este motivo, existem técnicas disponíveis para imagens digitais que filtram a imagem, e que o principal objetivo é aumentar a qualidade da imagem por meio da remoção de alguma forma de ruído. Ruído é um termo amplo utilizado para caracterizar qualquer aspecto que degrada as características da imagem, prejudicando sua interpretação. Dentre os fatores que podem produzir ruído e consequentemente influenciar a qualidade da imagem estão: a miliamperagem, o tempo de aquisição, o espaçamento das imagens-base, o tamanho do *voxel* e campo de visão (FOV), e a sofisticação dos algoritmos de reconstrução.

Com a finalidade de diminuir o ruído presente nas imagens digitais, existem, disponíveis nos softwares, os filtros de realce de limites e os filtros de suavização. Tratam-se de ferramentas que utilizam algoritmos matemáticos para aumentar ou reduzir características específicas na imagem (Koob *et al.*, 2004). Os filtros de realce acentuam as transições nos níveis de densidade, aumentando o

contraste e tornando mais evidente os limites entre as estruturas. Os filtros de suavização agem de forma com que ocorra um equilíbrio nos valores dos pixels, resultando em uma imagem com menos granulação e com tons de cinza mais uniformes. 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, pois um realce utilizado para aumentar o contraste para detecção de lesões de cárie pode dificultar a identificação do contorno da crista alveolar.

Além de facilitar a interpretação de imagens, a utilização de filtros também pode compensar eventuais perdas de qualidade de imagem causadas por subexposição. Como consequência, o uso de filtros digitais pode permitir a redução da dose de radiação X, a qual o paciente é exposto.

Estudos avaliaram a influência dos filtros no diagnóstico de cárie, fraturas radiculares e lesões ósseas. Entretanto, sua influência na visualização de importantes estruturas anatômicas, que pode auxiliar na distinção de patologias a partir da anatomia, foi pouco estudada (Baksi *et al.*, 2010).

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Exames por imagem digital

Após o desenvolvimento da tomografia computadorizada (TC) no início da década de setenta (Hounsfield, 1973), diversas técnicas radiográficas tornaram-se digitais, dentre elas a radiografia, que com sua digitalização, trouxe um avanço significativo para o diagnóstico radiográfico.

Wenzel & Gröndahl, em 1995, ao descrever a respeito do uso da radiografia digital no consultório odontológico, afirmaram que todos os sistemas digitais dispõem de ferramentas digitais que facilitam a interpretação das imagens, como por exemplo, filtros de realce de contraste, opções de mensurações lineares e angulares, apresentação de histograma, janelas, opções de ampliação e rotação da imagem. As imagens digitais podem ser manipuladas, melhoradas, armazenadas e compartilhadas entre profissionais, tornando-as de grande potencial de utilização. Além dos benefícios de diagnóstico, as técnicas também têm vantagens ambientais, incluindo uma menor utilização de recursos, e de doses de radiação reduzida.

De acordo com Parks, em 2000, os avanços tecnológicos dos sistemas digitais fizeram da tomografia computadorizada (TC) um componente com grande potencial dentre o arsenal de exames por imagem utilizados por cirurgiões-dentistas. As principais indicações da TC, na Odontologia, restringem-se aos casos de mensuração de condições patológicas, fraturas complexas da face, avaliação da articulação temporomandibular e dos seios paranasais e no planejamento de múltiplos implantes.

Segundo Garib *et al.*, em 2007, a TC diz respeito a um método de diagnóstico por imagem que também utiliza a radiação X e permite obter a reprodução de uma secção do corpo humano, evidenciando principalmente os

tecidos mineralizados, em três planos: sagital, coronal e axial. Trata-se de uma técnica radiográfica que apresenta as vantagens de eliminar as sobreposições das estruturas anatômicas, possuir magnífica resolução atribuída ao grande contraste da imagem, além de possibilitar a reconstrução tridimensional das estruturas de interesse. Características como altura, espessura e inclinação de reparos anatômicos, assim como a proximidade entre diferentes estruturas anatômicas podem ser facilmente visualizadas nessas imagens.

Honey *et al.*, 2007, afirmaram que embora a TC ofereça alta velocidade de escaneamento dos tecidos moles e duros, a dose de radiação é alta, o equipamento é excepcionalmente caro e geralmente só é encontrado em hospitais.

De acordo com Curley & Hatcher, 2010, o principal objetivo de todos os exames por imagem é revelar a anatomia do paciente.

2.2. Tomografia computadorizada de feixe cônico

Para Arai *et al.*, em 1999, a tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) está disponível desde 1998 e consiste em um sistema de escaneamento que utiliza baixa dose, quando comparada à TCFB, que tem sido especificamente indicado para produzir imagens tridimensionais do esqueleto maxilofacial. Os dados da região de interesse são adquiridos com apenas uma única rotação ou parcial da fonte de radiação, que emite um feixe de forma cônica, e do receptor de imagem ao redor da cabeça do paciente.

Scarfe *et al.*, em 2006, citaram que durante o escaneamento, aproximadamente 150 a 599 projeções semelhantes a imagens radiográficas laterais ou ligeiramente anguladas entre si, são realizadas, sendo denominadas de imagens-base. Ainda segundo os autores, o conjunto de imagens resultantes,

ou dados brutos, são submetidos a sofisticados algoritmos para que possam ser obtidas as imagens de reconstrução primária (cortes sagital, coronal e axial), as quais são compostas por *voxels* organizados em linhas e colunas. *Voxel* é a menor unidade (submilimétrica) de um volume digital, e nas tomografias computadorizadas de feixe cônico eles são isotrópicos, ou seja, possuem as mesmas dimensões nos três planos. A cada voxel é atribuído um valor de escala de cinza que varia de acordo com o grau de atenuação do tecido ou espaço atravessado pela radiação.

A TCFC utiliza hardwares e softwares menos sofisticados que a tomografia computadorizada, resultando em máquinas mais simples, compactas e menos caras, mas produzindo imagens dos tecidos duros da região maxilo-facial com qualidade comparável ou melhor que as imagens de tomografia computadorizada multidetector (TCM), como mostra o estudo realizado por Hashimoto *et al.*, em 2006. Segundo os autores, as imagens foram pontuadas seguindo uma escala de cinco escores onde 1 e 2 significavam qualidade da imagem da TCFC inferior a da TCM; 3 para imagens com qualidade equivalente; 4 e 5 quando a qualidade da imagem da TCFC fosse superior a da TCM. Os resultados mostraram que para todos itens avaliados (osso esponjoso, esmalte, dentina, cavidade pulpar, lâmina dura e espaço do ligamento periodontal), as imagens da TCFC foram pontuadas com 4 ou 5, ou seja, apresentaram melhor qualidade de imagem quando comparadas as de TCM.

Loubele *et al.*, em 2007, compararam as dimensões mandibulares e a qualidade de imagem de estruturas ósseas entre TCFC e TC *multislice*. Os resultados mostraram que a qualidade de imagem da CBCT foi significativamente melhor que na TC *multislice* na visualização e delimitação da lâmina dura e espaço do ligamento periodontal. Entretanto, a TC *multislice* apresentou melhor qualidade de imagem na visualização de gengiva e osso cortical que a TCFC. Como conclusões, obtiveram que mensurações em mandíbula são confiáveis em ambas as tomografias, embora tenham subestimado ligeiramente sua largura; e

que a TCFC ofereceu melhor visualização de detalhes das estruturas ósseas menores.

Segundo Kwong *et al.*, em 2008, a única característica que a TCFC apresenta em comum com a TC, é a utilização de raios X. Surpreendentemente, a engenharia e as dimensões do aparelho, o princípio pelo qual a imagem é adquirida e processada, a dose de radiação (até quatro vezes menor) e o custo do aparelho são completamente distintos.

Scarfe & Farman, em 2008, citaram que devido as suas vantagens e facilidades, a TCFC tem sido solicitada em várias áreas da Odontologia, incluindo exame da articulação temporomandibular, em casos ortodônticos, como na realização de cefalometria tridimensional, em casos endodônticos, incluindo lesões periapicais e reabsorção radicular, planejamento para colocação de implantes, e também em casos de fraturas dentoalveolares.

De acordo com Dawood *et al.*, 2009, os softwares utilizados também dispõem da ferramenta *Window (W)* e *Level (L)* – janela e nivelamento. A janela permite que imagens sejam percorridas para visualização de estruturas de baixa atenuação, em um extremo, até estruturas de atenuação alta, no outro extremo. Uma vez que o nível da janela foi alcançado, o nivelamento do brilho e contraste podem ser ajustados pelo clínico para uma melhor visualização. Embora seja permitido selecionar imagens individualmente para impressão em filme ou papel, os softwares de visualização dispõem de uma infinidade de opções de mudanças nas imagens, as quais podem ter um efeito significativo sobre a imagem visualizada. Portanto, a interpretação das imagens na tela é importante e não deve ser substituída por uma impressão.

Para Hatcher, 2010, nos protocolos disponíveis para aquisição das imagens estão incluídos a seleção do FOV, tamanho do *voxel*, tempo de exposição e ajuste da miliamperagem. Cabe ao clínico definir o melhor protocolo para diagnosticar as diferentes condições de cada paciente.

Segundo Kaeppler, 2010, esta técnica tem substituído cada vez mais os procedimentos radiológicos convencionais, devido às possibilidades de reconstrução arbitrárias e imagens livres de sobreposição, além da dose de exposição aos raios X ser reduzida.

2.3. Qualidade de imagem

Wenzel & Sewerin, em 1991, referindo-se a imagens digitais, citaram que quando imagens são digitalizadas, um ruído físico é gerado no sistema eletrônico.

De acordo com Cederberg *et al.*, em 1999, como a qualidade de uma imagem está relacionada com parâmetros físicos, os sensores de imagem, os *hardwares* e *softwares*, os fatores externos como iluminação adicional e reflexão da tela, bem como as limitações inerentes da visão humana, podem influenciar a qualidade da imagem.

Para Mol, 2000, ruído é um termo amplo, utilizado para caracterizar qualquer aspecto que degrada as características da imagem. Muitas vezes são classificados como de alta frequência ou ruído de baixa frequência, e pode ser aleatório ou periódico.

De acordo com Kwong *et al.*, em 2008, a qualidade de imagem é descrita basicamente como a interpretação subjetiva de dados visuais e que pode estar relacionada apenas a uma tarefa específica, na qual a imagem deve transmitir informação suficiente para permitir uma decisão médica com aceitável nível de certeza. Os autores citaram que tamanho do *voxel*, miliamperagem e qualidade de imagem estão intimamente relacionados. A quantidade de fótons liberados é controlada pela miliamperagem e o tempo de exposição. A

miliamperagem controla a quantidade de fótons liberados pelo tubo de raios X e a quantidade de fótons que atingem os *voxels*. Dependendo do tamanho do campo de visão (FOV), o tamanho do *voxel* no detector varia. Pequenos FOVs correspondem a pequenos elementos detectores (*voxels*). Se o número de fótons liberados é mantido constante e o tamanho do *voxel* é alterado, o número de fótons que atingem cada *voxel* será alterado. A quantidade de fótons que atingem cada *voxel* afeta a qualidade de uma imagem digital. Melhor qualidade de imagem está associada a um maior número de fótons por *voxel*.

Dawood *et al.*, 2009, afirmaram que a resolução da imagem depende de vários fatores, dentre eles: a qualidade e resolução do receptor de imagem, e a quantidade e tamanho do espaçamento na imagem base a partir da qual serão gerados as três dimensões do volume. Outros fatores que também interferem na qualidade da imagem são: sofisticação dos algoritmos de reconstrução do programa de computador, e o refinamento da projeção geométrica. Segundo os autores, reconstruções de cortes espessos, irão gerar imagens com baixo contraste, mas com menos ruído; enquanto cortes finos parecem ter mais contraste e detalhes, porém tem mais ruído. Quando uma baixa dose de exposição é utilizada, mais ruído será produzido. Ainda citam que o tamanho da matriz também influencia na resolução da imagem. As primeiras tomografias ofereciam baixa resolução, produzindo cortes espessos, com uma matriz de 80 x 80 *pixels*. Atualmente temos à disposição matrizes de 512 x 512 *pixels*.

Em 2009, Liedke *et al.*, avaliaram a influência do tamanho do *voxel* na habilidade de diagnóstico da TCFC em detectar cavidades que simulavam reabsorção radicular externa. Sessenta incisivos inferiores humanos tiveram suas raízes divididas em terço cervical, médio e apical, resultando em 180 terços, sem serem, entretanto, seccionados. Para cada terço da raiz havia quatro possibilidades: cavidade pequena (0,3mm), média (0,6mm), grande (0,9mm), ou sem cavidade. As cavidades foram produzidas com o uso de brocas diamantadas em alta rotação. Os dentes foram divididos em três grupos para a aquisição das

imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico, as quais foram realizadas no aparelho i-CAT (120 kVp e 3-8 mA) sob três protocolos diferentes: *voxel* 0,4 mm, FOV 8 cm, 20 segundos; *voxel* 0,3 mm, FOV 8 cm, 20 segundos; e *voxel* 0,2 mm, FOV 8 cm, 40 segundos. Os resultados obtidos revelaram que não houve qualquer associação entre o tamanho do *voxel*, com o plano de visualização (sagital, axial ou coronal), com o tamanho da cavidade ou com a localização da reabsorção (terço apical, médio ou cervical). No entanto, o diagnóstico foi mais fácil quando os *voxels* de 0,3 mm e 0,2 mm foram utilizados. Os autores concluíram que a tomografia computadorizada de feixe cônico é um método seguro para investigar reabsorções radiculares externas, pois apresentou excelente sensibilidade e especificidade; e que o *voxel* de 0,3 mm mostrou-se o mais indicado, pois apresentou desempenho de diagnóstico similar ao *voxel* 0,2 mm, sendo realizado em menos tempo, e portanto, reduzindo a exposição dos pacientes aos raios X.

Em 2009, Liang *et al.*, compararam a qualidade de imagem e visibilidade de onze estruturas anatômicas mandibulares entre cinco aparelhos de TCFC e um TC *multislice*, utilizando treze protocolos de aquisição de imagem diferentes. Diferenças significativas na visibilidade das diferentes estruturas anatômicas foram encontradas entre TCFC e TC *multislice* e entre os cinco aparelhos de TCFC. Os autores chegaram à conclusão que a qualidade de imagem de TCFC é comparável ou superior a imagem de TC *multislice*, e que houve alguma variabilidade na visualização de estruturas delicadas entre os diferentes aparelhos de TCFC. Os autores também citaram que quando o escaneamento é realizado com *voxel* de tamanho menor, imagens de melhor qualidade de diagnóstico podem ser produzidas, porém existem algumas desvantagens. Conforme a resolução aumenta, as imagens ficam mais susceptíveis a serem prejudicadas por movimentação do paciente, devido ao maior tempo necessário para realização do exame, ou pela formação de ruído, os quais podem reduzir a qualidade subjetiva da imagem.

Hatcher, em 2010, afirmou que o operador do tomógrafo poder controlar o FOV, os ajustes de miliamperagem, o tamanho do *voxel* e o tempo de exposição, os quais estão diretamente relacionados a dose. Utilizando um menor tempo de escaneamento, reduzindo a miliamperagem, ou ambos, a dose será reduzida, mas isso pode resultar em uma redução do sinal e consequentemente, diminuir a qualidade da imagem.

Carrafiello *et al.*, em 2010, mensuraram a dose de radiação e dose efetiva nos principais órgãos da região de cabeça e pescoço, utilizando um tomógrafo *multislice* e outro de feixe cônico. O protocolo utilizado para o escaneamento do *phantom* no tomógrafo de feixe cônico foi: 20 segundos de exposição, FOV de altura total, 120 kV, 23,87 mAs, 306 frames; para a tomografia *multislice* o protocolo de aquisição da imagem foi: 120 kV, 400 mA, 0,5 segundos por rotação, colimação de 32 mm. Além das tomografias, a radiografia panorâmica também foi incluída na pesquisa para mensuração da dose. Utilizando os mesmos protocolos citados acima, cinco pacientes submeteram-se aos exames de tomografia para a avaliação da qualidade da imagem das duas técnicas, por dois radiologistas. A qualidade da imagem do osso esponjoso, dente (esmalte, dentina, câmara pulpar), estruturas vizinhas (espaço periodontal, lâmina dura) e tecidos moles foram classificadas em: 1 – imagem da TCFC marcadamente inferior a imagem de TC *multislice*; 2 - imagem da TCFC ligeiramente inferior a imagem de TC *multislice*; 3 - imagem da TCFC equivalente a imagem de TC *multislice*; 4 - imagem da TCFC ligeiramente superior a imagem de TC *multislice*; 5 - imagem da TCFC marcadamente superior a imagem de TC *multislice*. Quanto a dose efetiva e dose em cada órgão, os autores concluíram que a TC *multislice* foi responsável pelos maiores valores, seguida da TCFC e por último a radiografia panorâmica, que só não apresentou valores de dose inferiores para as glândulas salivares sublingual e submandibular e para o esôfago. Em relação a qualidade de imagem, foi observado que o protocolo padrão da TC *multislice* (400 mA) ofereceu uma

excelente qualidade de imagem e, que a medida que a miliamperagem era diminuída, a qualidade da imagem também reduzia.

Lofthag-Hansen *et al.*, em 2010, objetivaram avaliar a qualidade subjetiva da imagem de TCFC baseada em duas tarefas de diagnóstico. Foram avaliadas imagens da região posterior da maxila e mandíbula, utilizando diferentes parâmetros de exposição (mA, kV e grau de rotação) e diferentes tamanhos de FOV. Foi permitido aos sete avaliadores alterar características como brilho, contraste e zoom para que pudessem classificar a qualidade da imagem em relação a visibilidade das estruturas anatômicas e sobre as tarefas de diagnóstico (planejamento de implantes e diagnóstico periapical). As estruturas anatômicas avaliadas na maxila foram borda inferior do seio maxilar, osso cortical e osso trabecular; na mandíbula, foram avaliados o canal mandibular, crista óssea alveolar e osso trabecular. Foi observado que quando utilizado kV e mA com valores mais altos, a rotação de 360° e FOV 4 cm x 4 cm, as imagens receberam melhores pontuações. Os autores concluíram que os parâmetros de exposição devem ser ajustados de acordo com a indicação do exame. Utilizando o aparelho Accuitomo, foi visto que um giro de 180° é suficiente para a realização de planejamento para implantes. Portanto, uma redução na dose pode fornecer imagens sem perda de informação para o diagnóstico.

2.4. Filtros

Em 1988, Wenzel avaliou o efeito do melhoramento da imagem digital na detecção de lesões ósseas em radiografias digitais. Para realização da pesquisa, 83 mandíbulas secas de porcos foram utilizadas e cada uma foi dividida em quatro partes: 1 - molares direito; 2 - pré-molares direito; 3 - molares esquerdo; e 4 - pré-molares esquerdo, cada uma. Foram confeccionados defeitos no osso, com uso de broca de 1mm de diametro por 1,3mm de profundidade, na porção

mediana das regiões 2 e 3 e na porção mais espessa e mais fina das regiões 1 e 4, respectivamente. As radiografadas foram adquiridas com tempos de exposição de 0,16 (clara), 0,60 (ideal) e 2,0 segundos (escura), e posteriormente digitalizadas. Após a digitalização as imagens claras e escuras foram digitalmente melhoradas por meio da aplicação de filtro de suavização e ajuste de contraste. Foi encontrada uma diferença estatisticamente significativa entre as radiografias ideais e claras, mas não entre as ideais e escuras. Não houve diferença estatisticamente significativa entre radiografias claras e escuras originais, digitalizadas e digitalizadas com realce digital. O autor concluiu que a precisão do diagnóstico obtido a partir de radiografias com densidade ideal (0,60s) pode ser mantido, e que as radiografias claras (0,16s) também apresentaram precisão de diagnóstico após o melhoramento da imagem, com um tempo de exposição quatro vezes menor.

Ao abordar as ferramentas de manipulação de imagens que os softwares dispõem para melhorar o diagnóstico em Odontologia, Wenzel, em 1993, afirmou que o efeito do realce de limites é deixar mais evidente as bordas das estruturas na imagem, para facilitar a interpretação dos limites entre os tecidos.

Em 1996, Møystad *et al.*, realizaram um estudo com o objetivo de avaliar a acurácia no diagnóstico de cáries proximais em imagens digitais, imagens digitais reforçadas e em filmes convencionais. Um total de 50 dentes humanos extraídos (25 molares e 25 pré-molares) foram radiografados em posição padronizada para obtenção de imagens idênticas. As imagens digitais foram reforçadas de quatro formas, incluindo a aplicação do filtro de nitidez. Dez dentistas atuaram como avaliadores e classificaram os dentes em uma escala de cinco escores: 1 – definitivamente sem cárie; 2 – provavelmente sem cárie; 3 – questionável ; 4 – provavelmente cariado; 5 – definitivamente cariado. Não houve diferença estatisticamente significativa entre as imagens digitais não reforçadas e

o filme convencional, porém as imagens digitais reforçadas foram significativamente mais acuradas no diagnóstico das lesões de cárie proximais.

Ainda em 1996, Shrout *et al.*, avaliaram se a aplicação de filtros disponíveis em softwares de radiografia digital poderiam auxiliar no diagnóstico e estimação da profundidade de lesões de cárie. Um total de 18 superfícies foi radiografado com filme convencional e sistema CCD. Além da imagem digital original, foram aplicados dois filtros diferentes (filtro de realce e filtro *median*), totalizando imagens de 72 superfícies. Três avaliadores (2 clínicos-gerais e 1 radiologista) classificaram as imagens em uma escala que variava de ausência de cárie (0) a cárie presente na metade interna da dentina (5). O radiologista teve melhor desempenho que os dentistas clínicos-gerais em estimar a profundidade das lesões de cárie ($P = 0.0001$). A pontuação dos avaliadores utilizando imagens com filtros foi a mais próxima do padrão histológico, do que quando imagens originais foram utilizadas. Foi concluído nesse estudo que a aplicação dos filtros pode ajudar alguns dentistas no diagnóstico de cárie.

Mol, em 2000, ao estudar a aplicação das ferramentas de processamento de imagem na Odontologia, citou que o objetivo do processamento da imagem é tornar informações relevantes mais evidentes, por meio da criação de imagens que são mais adequadas para a percepção visual humana, utilizando as informações contidas nas imagens da forma mais eficaz. Segundo o autor, para imagens digitais existem técnicas disponíveis que filtram a imagem, conhecidas como filtros de realce de limites e filtros de suavização. Os filtros podem ser aplicados em imagens digitais por inúmeras razões. Na maioria dos casos, seu principal objetivo é aumentar a qualidade da imagem por meio da remoção de alguma forma de ruído. 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, pois um realce utilizado para aumentar o contraste

para detecção de lesões de cárie pode dificultar a identificação do contorno da crista alveolar.

Gijbels *et al.*, em 2000, compararam a qualidade subjetiva da imagem de radiografia panorâmica convencional e digital, submetidas a aplicação de vários filtros. Foram adquiridas três radiografias (duas convencionais e uma digital) de cinquenta e quatro pacientes, e as imagens digitais foram submetidas à aplicação de três filtros (*smooth down*, *sharpen* e *optimise contrast*). Quatro especialistas em Radiologia Odontológica classificaram a qualidade das imagens referindo-se a visualização de estruturas anatômicas, em uma escala de quatro pontos. Foram avaliadas as estruturas relevantes da região periapical e de crista óssea alveolar da região de incisivos, pré-molares e região de molares, superiores e inferiores. Foi observado que apenas o filtro *optimise contrast* teve influência estatisticamente significativa sobre as imagens, enquanto que os demais filtros não apresentaram qualquer alteração significativa na qualidade da imagem.

Em 2001, Abreu *et al.*, compararam o desempenho do filme radiográfico convencional com a radiografia digital submetida a três protocolos oferecidos por um sistema digital, com a finalidade de detectar lesões da cárie proximais. Quarenta dentes posteriores extraídos foram radiografados sob os protocolos digitais diferentes (0,08s com filtro de cárie, 0,16s com filtro de cárie e 0,16s com filtro periodontal) e com uso de filme convencional. A presença ou ausência de cárie foi avaliada por seis observadores e classificadas em uma escala de cinco pontos. Não foi observada nenhuma diferença estatisticamente significativa entre os três protocolos digitais utilizando filtros e o filme convencional e portanto, foi concluído que o desempenho do sensor digital nos modos de alta e baixa resolução para detecção de cáries proximais, é comparável ao do filme convencional. Os autores citaram também que embora o realce da imagem implique em uma 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 opção de visualização escolhida.

Koob *et al.*, em 2004, com o objetivo de avaliar o efeito de filtros na reprodutibilidade e acurácia de medidas lineares de profundidade de cáries proximais, em radiografias digitais, realizaram uma pesquisa na qual foi selecionado um total de 50 dentes humanos incluindo molares e pré-molares (42 cariados e 8 hígidos), que tiveram suas coroas separadas das raízes para fixação da coroa em um bloco de plástico. O posicionamento do sensor (CCD) e da fonte de raios X foi padronizado para que todos os dentes fossem radiografados quatro vezes, sob as mesmas condições, sendo: 1 – 0,06 segundo de tempo de exposição; 2 – 0,01 segundo de tempo de exposição; 3 - 0,06 segundo de tempo de exposição com simulador de tecidos; e 4 - 0,01 segundo de tempo de exposição com simulador de tecidos. A partir de cada uma das 200 radiografias realizadas, três versões foram criadas: 1 – imagens sem manipulação; 2 – aplicação do filtro *Median*; e 3 – filtro *Median* e inversão. Três avaliadores realizaram as mensurações. Os autores concluíram que a utilização do filtro nas imagens não melhorou a reprodutibilidade e nem a precisão das medidas de cáries proximais, quando comparadas às radiografias sem manipulação. Entretanto, 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.

Segundo Kositbowornchai *et al.*, em 2004, filtros são ferramentas que usam algoritmos matemáticos com o objetivo de reduzir ou evidenciar características específicas na imagem, e que o uso dessa ferramenta pode compensar perdas na qualidade da imagem causadas por subexposição. Os autores avaliaram a acurácia do diagnóstico de cáries oclusais (*in vitro*) em quatro modalidades de imagem digital diferentes: imagens originais, imagens com aplicação de filtro de nitidez, *zoom* e pseudo-cor. Cem terceiros molares humanos, extraídos, foram radiografados utilizando CCD como sensor, e a partir de cada imagem os recursos digitais foram aplicados, totalizando 400 imagens, que foram organizadas aleatoriamente para posterior avaliação por quatro observadores. Os

avaliadores classificaram os dentes de acordo com uma escala de cinco escores que variava de cárie definitivamente ausente (1) a cárie definitivamente presente (5). Houve diferença entre as quatro modalidades de imagem, porém não foi estatisticamente significativa ($P = 0.963$). Os autores concluíram que os três tipos de imagens digitais reforçadas apresentaram acurácia similar no diagnóstico de cáries oclusais, quando comparadas as imagens originais.

Yalcinkaya *et al.*, em 2006, compararam o efeito de diferentes filtros entre imagens digitais e imagens convencionais, na visualização de estruturas anatômicas. Foram realizadas radiografias panorâmicas e periapicais, convencionais e digitais, de 20 pacientes, onde as imagens periapicais foram submetidas a aplicação dos filtros caries 1, caries 2, periodontal, endodôntico e redução de ruído. As imagens panorâmicas foram submetidas ao filtro periodontal 2, além dos já citados. A qualidade subjetiva da imagem foi avaliada sob condições fixas de brilho e contraste, e classificadas em uma escala de cinco pontos, variando de 1- completamente insuficiente a 5- completamente perfeita. As estruturas avaliadas foram espaço do ligamento periodontal, canal radicular, osso trabecular, crista alveolar, nos dois tipos de exames, e adicionalmente, o canal mandibular e seios maxilares foram avaliados nas radiografias panorâmicas. As imagens periapicais convencionais receberam os maiores valores para todas as estruturas, não diferindo estatisticamente das imagens com filtros. Não foi observada diferença estatisticamente significativa entre os filtros utilizados. Nas radiografias periapicais, a visualização do espaço do ligamento periodontal, osso trabecular e crista alveolar foi classificada como quase perfeita, em imagens convencionais e quando os filtros caries 1 e 2, periodontal e endodôntico foram aplicados. O canal radicular foi a estrutura que recebeu menor pontuação. Houve diferença significativa entre as radiografias panorâmicas digitais e convencionais, na visualização de algumas estruturas. Na visualização do osso trabecular, os filtros periodontal 1 e 2 mantiveram as imagens digitais comparáveis às aquelas convencionais. As radiografias convencionais foram semelhantes ou ligeiramente

superiores que as imagens com os filtros periodontal 1 e 2, na visualização da crista óssea e canal mandibular. Já na visualização dos seios maxilares, as radiografias convencionais receberam as maiores pontuações.

De acordo com Haiter-Neto *et al.*, em 2008, imagens tratadas com filtros de alto contraste (realce) aparecem realçadas, mas também mais granuladas que as imagens originais. A aplicação de filtros de baixo contraste (suavização) resulta em imagens “suaves”, com tons de cinza mais uniformes e menos granuladas. Com o objetivo de comparar a eficácia de imagens digitais obtidas com sete receptores de imagem digital, com foco na utilização de dois filtros específicos, na detecção de lesões de cáries não-cavitadas, os autores radiografaram 160 superfícies proximais utilizando dois receptores do tipo CMOS (semicondutores de óxido de metais complementares) e cinco do tipo CCD (dispositivo de carga acoplada). As imagens dos dois tipos de receptores da Kodak RVGui foram submetidas a aplicação dos filtros “dentina-esmalte” e “periodontal”. As imagens foram avaliadas por oito avaliadores, que tinham a liberdade de ajustar brilho, contraste e zoom. Posteriormente foi calculada a sensibilidade, a especificidade e acurácia geral. As imagens com aplicação dos filtros obtiveram os melhores valores de sensibilidade, sendo estatisticamente melhores que as imagens dos receptores Visualix, Sidexis e VistaRay. Além dos receptores citados, o filtro “periodontal” resultou em maior acurácia, também, nas imagens dos receptores Dixi2 e Dr. Suni Plus. Entretanto esses valores estatisticamente significantes podem ser atribuídos aos resultados de um dos avaliadores, que detectou muitas lesões de cárie nas imagens com filtros. Quanto à especificidade, as imagens com aplicação de filtros obtiveram os menores valores. Para acurácia geral, não houve diferença entre as modalidades de imagem. Os resultados mostraram que a acurácia geral, para detecção de cáries não-cavitadas, pouco diferiu entre as imagens adquiridas com diferentes tipos de receptores e que os filtros não causaram nenhum efeito sobre as imagens.

Haite-Neto *et al.*, em 2009, compararam imagens originais de radiografia digital utilizando placa de fósforo fotoestimulada com imagens digitais nas quais foram aplicados filtros específicos para detecção de lesões de cárie proximal. Analisaram também, a sensibilidade das imagens com filtros em relação aos diferentes tamanhos de lesão. Foram radiografadas cento e sessenta superfícies proximais não-cavitadas. As imagens originais foram submetidas a aplicação de três filtros (*fine*, caries 1 e caries 2) e avaliadas por seis observadores. A sensibilidade das imagens com utilização dos filtros pouco variou com os tamanhos de lesões de cárie utilizados no estudo. Os autores concluíram que o filtro *fine* pode ser uma ferramenta promissora para a melhoria das imagens utilizadas para a detecção de lesões de cárie incipientes, e que os filtros caries 1 e caries 2 foram menos precisos que as imagens originais e as com filtro *fine* e que, portanto, não podem ser recomendados para detecção de lesões de cárie do tamanho das que foram avaliadas no estudo.

Ainda em 2009, Wenzel *et al.*, compararam a acurácia de diagnóstico entre radiografias digitais utilizando placas de fósforo (PSP) e tomografias computadorizada de feixe cônico na detecção de fraturas transversais, utilizando filtros de realce. As imagens de radiografia digital receberam o filtro *sharpen* e para as imagens de tomografia computadorizada foram aplicados os filtros *sharpen* e *angio-sharpen*. Como resultados, obtiveram que as imagens tomográficas de maior resolução apresentaram maior sensibilidade que as de menor resolução e as radiografias digitais (resolução 0.125 mm 87%, resolução 0.25 mm 72%, e PSP 74%). As imagens tomográficas nas quais foi aplicado o filtro *angio-sharpen*, apresentaram maior sensibilidade quando comparadas com as imagens tomográficas sem aplicação de filtros. Não houve diferença significativa entre as imagens de tomografia de menor resolução e radiografias digitais. Os autores concluíram então, que o filtro *angio-sharpen* aumentou a sensibilidade em imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico de alta resolução nesse modelo *in vitro*.

Kamburoglu *et al.*, 2010, objetivaram determinar os efeitos das diferentes ferramentas de realce de imagem contidas no software de radiografia digital para o diagnóstico de fratura radicular vertical. Para tanto, foram utilizados 64 dentes pré-molares, no qual em metade da amostra foram realizadas fraturas no sentido vestibulo-lingual. As imagens radiográficas escaneadas no sistema CCD foram salvas no formato original e realçadas com quatro tipos de ferramentas de manipulação de imagem próprias do software (*sharpness*, *zoom*, *contraste/reverso* e *auto-relevo*). Os autores concluíram que a presença de ferramentas de realce não aumentou o valor diagnóstico de fraturas radiculares verticais, *in vitro*, em relação às imagens originais na radiografia periapical digital CCD.

Também em 2010, Baksi *et al.*, compararam a qualidade subjetiva da imagem, na percepção de várias estruturas anatômicas, obtida com radiografia panorâmica utilizando placa de fósforo fotoestimulada e filmes convencionais. Também foi avaliado o efeito de vários algoritmos de processamento na interpretação da imagem. Ambas as radiografias foram realizadas em 42 pacientes, e as imagens digitais tiveram uma versão original e outras processadas com a aplicação de cinco filtros: *shadow*, realce (*sharpen*), negativo, tons de cinza sigmoidal e tons de cinza exponencial. Um total de 1176 imagens foi avaliado por quatro avaliadores, que classificaram a qualidade das imagens de cinco estruturas anatômicas (soalho do seio maxilar, espaço do ligamento periodontal, borda inferior da mandíbula, junção esmalte-dentina e espaço do canal radicular), e a qualidade geral da imagem. Foi observado que a visualização das estruturas de baixo contraste, espaço do canal radicular e espaço do ligamento periodontal, foi preferível nas imagens de filmes convencionais. A aplicação do filtro de realce proporcionou a melhor qualidade geral da imagem e melhor visualização das estruturas soalho do seio maxilar, borda inferior da mandíbula, espaço do ligamento periodontal, espaço do canal radicular e junção esmalte-dentina. Houve diferença estatisticamente significativa entre os filtros, sendo o filtro negativo, o

que recebeu pior pontuação na avaliação da qualidade geral da imagem. Estruturas de alto contraste, soalho do seio maxilar e borda inferior da mandíbula, e a junção esmalte-dentina, foram melhor visualizadas em imagens realçadas que em imagens convencionais.

Assim, como dispõem-se de filtros em softwares que são usados para a avaliação de imagens tomográficas, é importante avaliar se estes influenciam essa tarefa.

3. PROPOSIÇÃO

Nesta pesquisa teve-se como proposição avaliar a influência da aplicação de filtros na qualidade da imagem de tomografia computadorizada de feixe cônico, quando da visualização de estruturas anatômicas, assim como identificar as estruturas que apresentam melhor visualização nessa modalidade de exame por imagem.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP, sob o protocolo de nº 089/2010 (ANEXO 1).

Para o desenvolvimento da pesquisa, a seleção da amostra foi realizada no arquivo de imagens da Clínica de Radiologia da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP, do qual foram selecionados 40 exames de pacientes, na faixa etária de dezesseis a vinte e quatro anos, que realizaram tomografia computadorizada de feixe cônico, no período de abril a outubro do ano de 2009. As imagens foram selecionadas independente do gênero ou grupo étnico do paciente. Foram excluídas da pesquisa as imagens com ausência dentária nas regiões de interesse, presença de lesões, presença de aparelho ortodôntico fixo, presença de restaurações metálicas extensas, que apresentavam tratamento endodôntico nas regiões de interesse desta pesquisa, ou que apresentassem qualquer característica que pudesse prejudicar a interpretação das imagens.

As imagens tomográficas selecionadas foram obtidas por meio do aparelho de tomografia computadorizada de feixe cônico *i-CAT (Imaging Sciences International, Pensilvânia, USA)*, operando a 120 kV e 3-8 mA. Todas as imagens selecionadas para a pesquisa seguiam o protocolo de um campo de visão (FOV) de 13x17cm, voxel de 0,25mm e tempo de aquisição de 40 segundos e foram submetidas as mesmas condições de brilho e contraste, para que houvesse uma padronização (Figura 1). O programa de computador utilizado na pesquisa para seleção das imagens, montagem dos *templates* e aplicação dos filtros foi o XoranCat Versão 3.1.62 (*Xoran Technologies, Ann Arbor, Michigan, USA*).

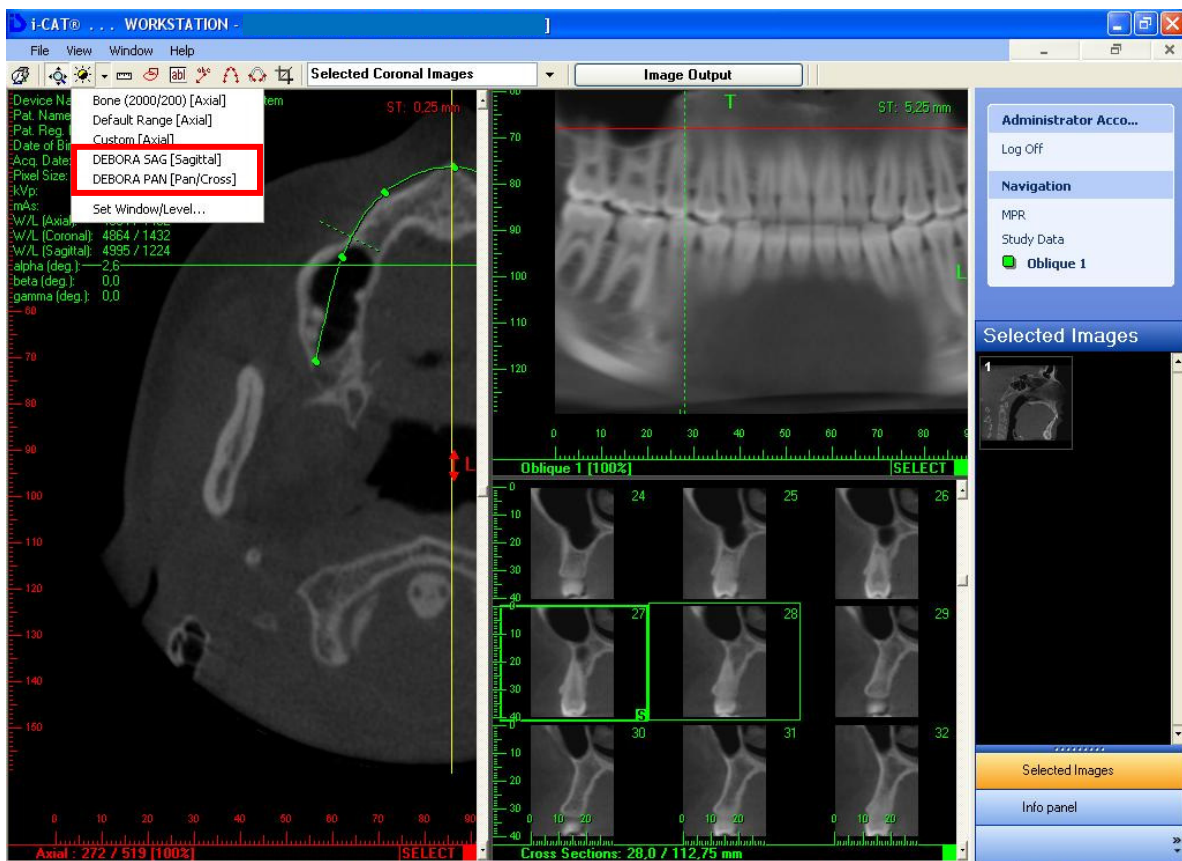


Figura 1. Padronização de brilho e contraste para todas as imagens, destacada em vermelho.

A partir de cada imagem, quatro cortes de regiões distintas foram selecionados para a visualização de treze estruturas anatômicas. A primeira região correspondeu a um corte parassagital na região de molares inferiores, no qual foram avaliados esmalte, espaço do ligamento periodontal, osso trabecular e canal mandibular (Figura 2A). A segunda região escolhida foi a região de pré-molares inferiores, sendo avaliados, em corte parassagital: dentina, câmara pulpar, e forame mental (Figura 2B). Como terceira região, teve-se a região de pré-molares superiores, onde utilizando-se o corte parassagital foi realizada a avaliação do osso cortical, do seio maxilar, da cavidade nasal e da concha nasal inferior (Figura 2C). Por última região, correspondente à região anterior, usando-se o corte sagital, foram avaliados o canal incisivo e a foramina lingual (Figura 2D).

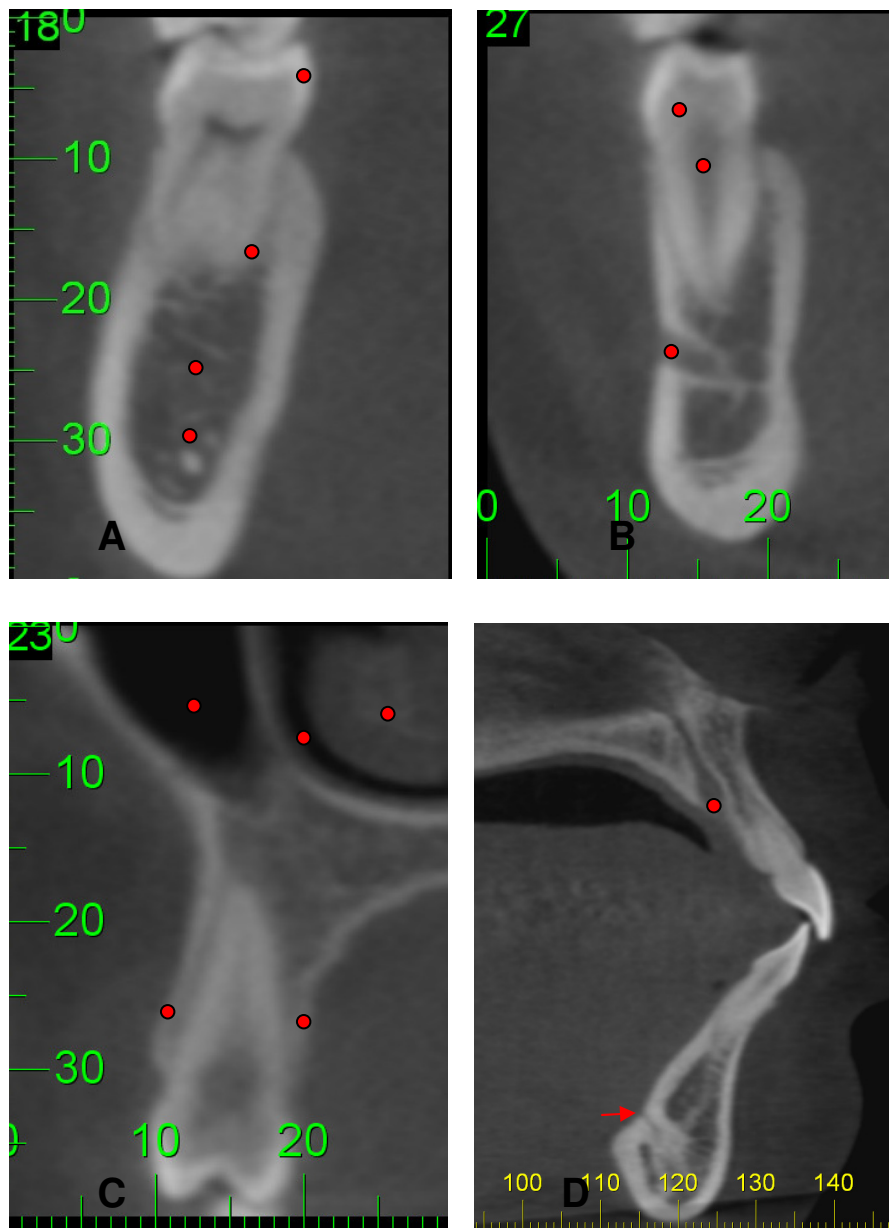


Figura 2. Cortes selecionados para visualização das estruturas anatômicas, destacadas em vermelho. Cortes parassagitais da região de molares inferiores (A); região de pré-molares inferiores (B); região de pré-molares superiores (C). Corte sagital da região anterior (D).

Após a seleção das regiões a serem avaliadas, cada imagem teve uma versão sem filtro e mais seis versões com os seguintes filtros: *Sharpen*, *Sharpen*

Mild, *Sharpen 3x3* e *Angio Sharpen Medium 5x5* (filtros de realce); e *S9*, *Smooth 3x3* representando os filtros de suavização (Figura 3), o que resultou em um total de 1.120 imagens (sete versões de imagens de quatro regiões, de quarenta pacientes).

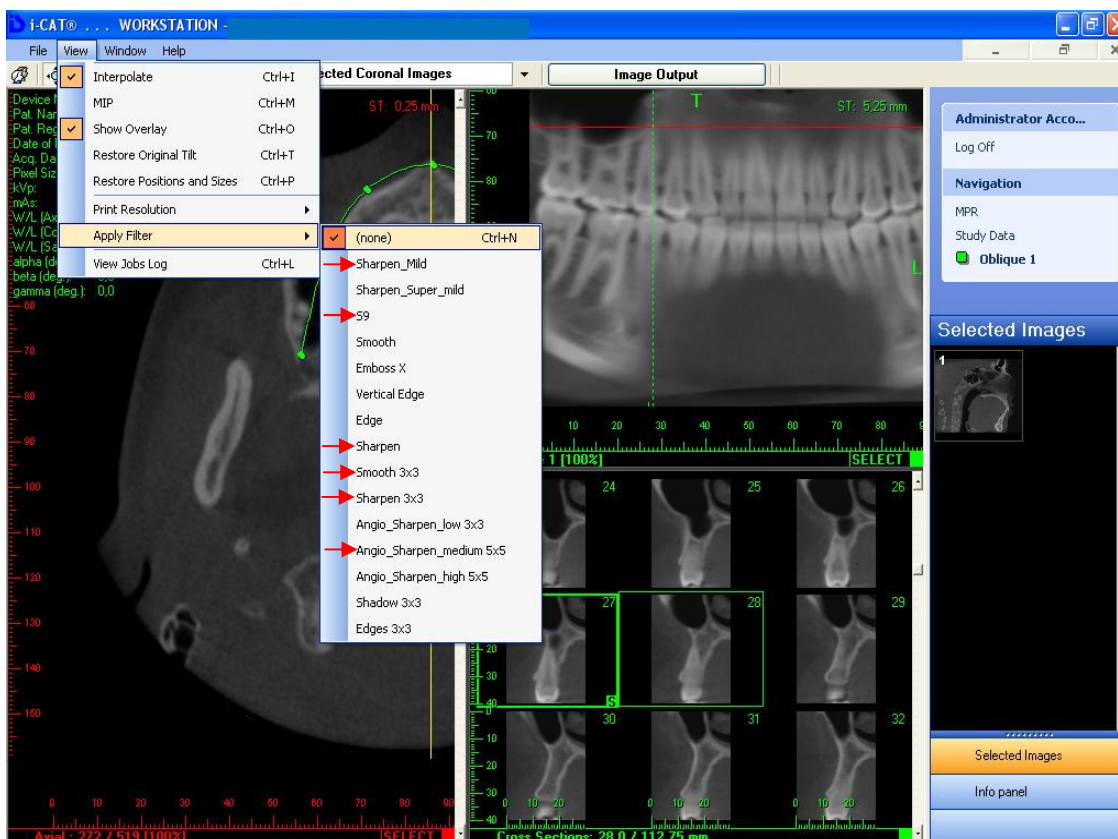


Figura 3. Filtros selecionados no software utilizado para seleção das imagens.

Após a aplicação dos filtros (Figura 4), as imagens foram dispostas individualmente em slides no *Microsoft Office® PowerPoint 2007*, e visualizadas em um monitor LCD WXGA TFT, com dimensão de 14.1”.

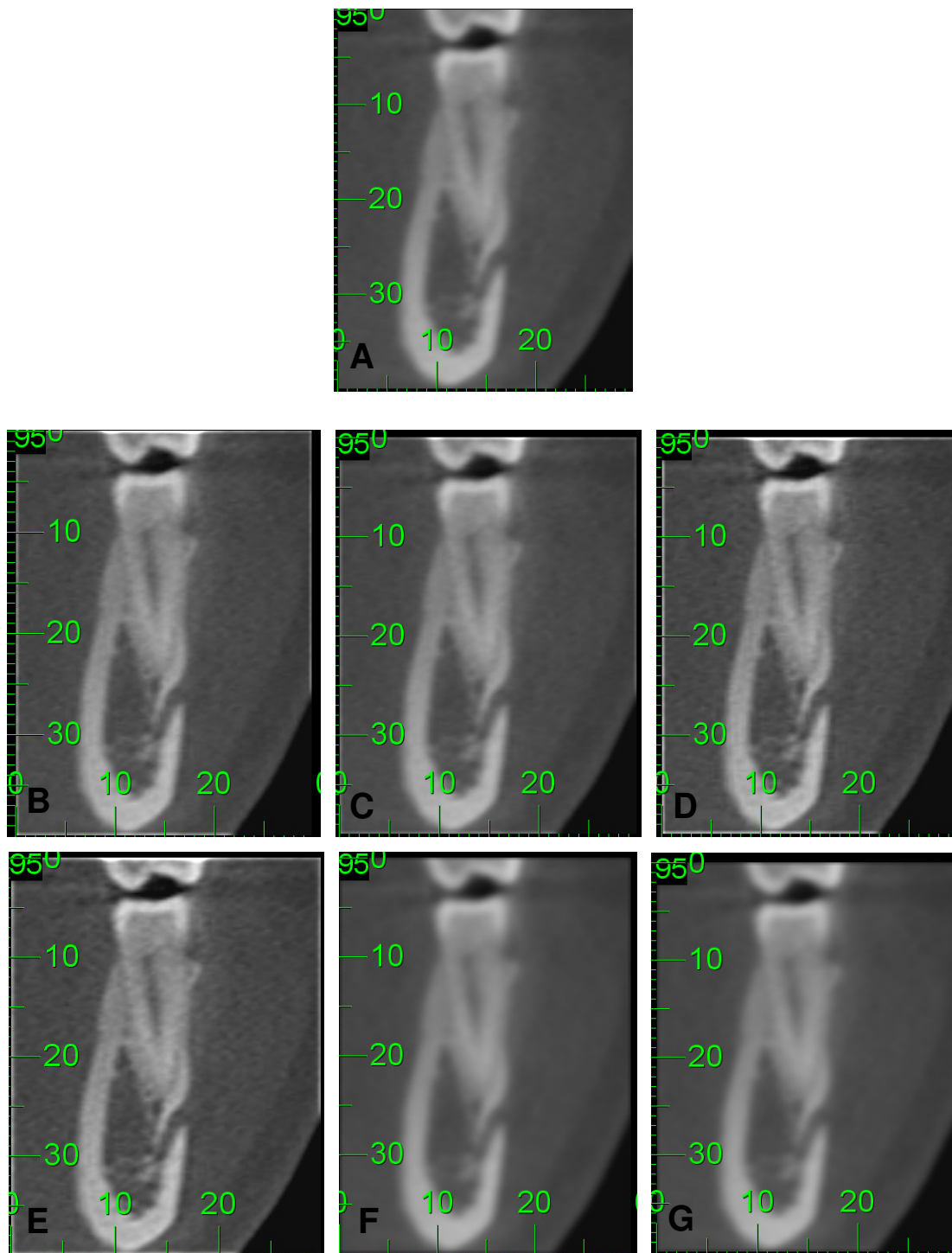


Figura 4. Imagem original (A) e com aplicação dos filtros de realce: *Sharpen* (B), *Sharpen Mild* (C), *Sharpen 3x3* (D), *Angio Sharpen Medium 5x5* (E); e de suavização: *S9* (F) e *Smooth 3x3* (G).

Cinco alunos do Programa de Pós-graduação em Radiologia Odontológica da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP atuaram como avaliadores, sendo que dois possuem título de especialista em Radiologia Odontológica. Previamente à avaliação, foi realizada uma calibração que consistiu na identificação de treze estruturas anatômicas, em quarenta e dois cortes de tomografia, de quatro regiões diferentes, que não foram incluídas na amostra do estudo. As imagens foram classificadas quanto a qualidade da imagem das estruturas anatômicas em uma escala de 1 a 6, conforme Quadro 1.

Foi adotado como qualidade de imagem a capacidade da imagem para delimitar estruturas anatômicas. Com um intervalo de uma semana, a mesma avaliação foi repetida para avaliar estatisticamente a concordância inter e intraobservador por meio do Coeficiente de correlação intraclassa (ICC), utilizando o programa do pacote estatístico SPSS® (*Statistical Package for the Social Sciences*) versão 17.0 para *Windows*. A avaliação das imagens foi realizada por cada avaliador, individualmente, quanto à qualidade da imagem de tomografias computadorizadas de feixe cônico, na visualização de estruturas anatômicas.

Quadro 1. Escores adotados para classificação da qualidade de imagem.

Escores	Qualidade de Imagem
1	Excelente
2	Boa
3	Aceitável
4	Ruim
5	Muito ruim
6	Não pode ser observado

Foi calculada a mediana dos escores da avaliação da qualidade das imagens dos cinco avaliadores e os grupos, estruturas anatômicas e filtros, foram comparados pelo teste de Friedman e teste não paramétrico de comparações

múltiplas, considerando o nível de significância de 5%, utilizando o pacote estatístico *BioEstat* versão 5.0.

5. RESULTADOS

As imagens foram avaliadas por cinco avaliadores quanto a qualidade da imagem de 13 estruturas anatômicas. A Tabela 1 apresenta os resultados do nível de concordância intraobservador de acordo com o Coeficiente de Correlação Intraclass. A concordância interobservador variou de -0,94 para visualização da câmara pulpar sem filtro a 0,90 para avaliação do espaço do ligamento periodontal com aplicação do filtro *Sharpen*.

Tabela 1. Análise da reprodutibilidade intraobservador, Coeficiente de correlação intra-classe (intervalo de confiança de 95%).

	Avaliador 1	Avaliador 2	Avaliador 3	Avaliador 4	Avaliador 5
Avaliador 1	0,94 (0,91; 0,95)	-	-	-	-
Avaliador 2	-	0,89 (0,84; 0,92)	-	-	-
Avaliador 3	-	-	0,89 (0,85; 0,92)	-	-
Avaliador 4	-	-	-	0,91 (0,88; 0,94)	-
Avaliador 5	-	-	-	-	0,94 (0,92; 0,96)

Com base na aplicação do teste de Friedman observou-se que a aplicação dos filtros *Angio Sharpen Medium 5x5*, *Sharpen 3x3* e *Sharpen*

proporcionou melhor qualidade de imagem para a visualização de todas as estruturas anatômicas avaliadas no corte de molares inferiores, diferindo estatisticamente das imagens originais ($p < 0,05$). Já os filtros *Sharpen Mild*, *S9* e *Smooth 3x3* tiveram qualidade de imagem comparável àquelas sem aplicação de filtro ($p > 0,05$) (Tabela 2).

Tabela 2. Escores da qualidade das imagens em função do filtro para as estruturas avaliadas no corte da região de molares inferiores.

Estrutura	Filtro	Mediana	Média dos Ranks	Valor mínimo	Valor máximo
Esmalte	Sem filtro	3.00	5.05 AB	2.00	5.00
	Sharpen	2.00	2.37 C	1.00	4.00
	Sharpen Mild	2.50	3.98 B	1.00	4.00
	S9	4.00	6.21 A	3.00	5.00
	Smooth 3x3	3.50	6.03 A	2.00	5.00
	Sharpen 3x3	2.00	2.31 C	1.00	4.00
	Angio Sharpen Medium 5x5	1.50	2.02 C	1.00	3.00
Espaço do ligamento periodontal	Sem filtro	4.00	5.10 AB	3.00	6.00
	Sharpen	3.00	2.52 CD	1.00	6.00
	Sharpen Mild	3.00	3.76 BC	2.00	6.00
	S9	4.50	6.13 A	4.00	6.00
	Smooth 3x3	4.00	5.86 A	4.00	6.00
	Sharpen 3x3	3.00	2.42 CD	1.00	6.00
	Angio Sharpen Medium 5x5	3.00	2.18 D	1.00	6.00
Canal mandibular	Sem filtro	4.00	4.65 AB	2.00	6.00
	Sharpen	3.00	2.78 C	1.00	5.00
	Sharpen Mild	3.00	3.55 BC	1.00	5.00
	S9	4.00	6.01 A	2.00	6.00
	Smooth 3x3	4.00	5.88 A	2.00	6.00
	Sharpen 3x3	3.00	2.70 C	1.00	5.00
	Angio Sharpen Medium 5x5	3.00	2.41 C	1.00	5.00
Osso trabecular	Sem filtro	4.00	4.88 AB	2.00	5.00
	Sharpen	3.00	2.57 C	1.00	4.00
	Sharpen Mild	3.00	3.60 BC	2.00	5.00
	S9	4.00	6.22 A	3.00	5.00
	Smooth 3x3	4.00	6.06 A	3.00	5.00
	Sharpen 3x3	3.00	2.47 C	1.00	4.00
	Angio Sharpen Medium 5x5	3.00	2.17 C	1.00	4.00

Para visualização da dentina, câmara pulpar e forame mental, que foram avaliadas na região de pré-molares inferiores, os filtros *Angio Sharpen Medium 5x5*, *Sharpen 3x3* e *Sharpen* proporcionaram melhor qualidade de imagem ($p < 0,05$). O filtro *Sharpen Mild* apresentou qualidade de imagem

estatisticamente significante melhor para dentina e câmara pulpar ($p<0,05$), porém apresentou qualidade comparável às imagens sem filtro para visualização do forame mental. Os filtros *S9* e *Smooth 3x3* continuaram sem influenciar na qualidade da imagem ($p>0,05$) (Tabela 3).

Tabela 3. Escores da qualidade das imagens em função do filtro para as estruturas avaliadas no corte da região de pré-molares inferiores.

Estrutura	Filtro	Mediana	Média dos Ranks	Valor mínimo	Valor máximo
Dentina	Sem filtro	4.00	4.91 A	3.00	5.00
	Sharpen	3.00	2.66 B	1.00	5.00
	Sharpen Mild	4.00	3.31 B	2.00	5.00
	S9	5.00	6.08 A	4.00	5.00
	Smooth 3x3	5.00	5.87 A	3.00	5.00
	Sharpen 3x3	3.00	2.51 B	1.00	5.00
	Angio Sharpen Medium 5x5	3.00	2.63 B	1.00	5.00
Câmara pulpar	Sem filtro	4.00	4.68 A	3.00	5.00
	Sharpen	3.00	2.78 B	1.00	5.00
	Sharpen Mild	4.00	3.18 B	1.00	5.00
	S9	5.00	6.08 A	3.00	5.00
	Smooth 3x3	5.00	5.66 A	3.00	5.00
	Sharpen 3x3	3.00	2.62 B	1.00	5.00
	Angio Sharpen Medium 5x5	4.00	2.96 B	1.00	5.00
Forame mental	Sem filtro	3.00	4.90 AB	2.00	4.00
	Sharpen	2.00	2.55 CD	1.00	4.00
	Sharpen Mild	3.00	3.85 BC	1.00	4.00
	S9	4.00	6.07 A	2.00	4.00
	Smooth 3x3	3.00	5.96 A	3.00	5.00
	Sharpen 3x3	2.00	2.36 D	1.00	4.00
	Angio Sharpen Medium 5x5	2.00	2.30 D	1.00	4.00

Na Tabela 4, observa-se que para as estruturas anatômicas avaliadas no corte da região de pré-molares superiores, apenas os filtros *S9* e *Smooth 3x3* não interferiram a qualidade da imagem, ou seja, apresentaram qualidade comparável às das imagens originais ($p>0,05$). Já os filtros *Angio Sharpen Medium 5x5*, *Sharpen 3x3*, *Sharpen* e *Sharpen Mild* melhoraram a qualidade da imagem de forma estatisticamente significante ($p<0,05$).

Tabela 4. Escores da qualidade das imagens em função do filtro para as estruturas avaliadas no corte da região pré-molares superiores.

Estrutura	Filtro	Mediana	Média dos Ranks	Valor mínimo	Valor máximo
Osso cortical	Sem filtro	4.00	5.13 A	3.00	5.00
	Sharpen	3.00	2.30 B	1.00	4.00
	Sharpen Mild	3.00	3.63 B	2.00	5.00
	S9	4.00	6.30 A	4.00	5.00
	Smooth 3x3	4.00	5.97 A	3.00	5.00
	Sharpen 3x3	3.00	2.33 B	1.00	4.00
	Angio Sharpen Medium 5x5	3.00	2.31 B	1.00	4.00
Seio maxilar	Sem filtro	3.00	5.28 A	2.00	4.00
	Sharpen	2.00	2.60 B	1.00	4.00
	Sharpen Mild	3.00	3.48 B	1.00	4.00
	S9	4.00	6.10 A	3.00	5.00
	Smooth 3x3	4.00	5.87 A	3.00	5.00
	Sharpen 3x3	2.00	2.41 B	1.00	4.00
	Angio Sharpen Medium 5x5	2.00	2.23 B	1.00	4.00
Cavidade nasal	Sem filtro	3.00	5.07 A	2.00	4.00
	Sharpen	2.00	2.50 B	1.00	4.00
	Sharpen Mild	2.00	3.40 B	1.00	4.00
	S9	4.00	6.38 A	3.00	5.00
	Smooth 3x3	3.00	5.97 A	3.00	5.00
	Sharpen 3x3	2.00	2.41 B	1.00	4.00
	Angio Sharpen Medium 5x5	2.00	2.25 B	1.00	4.00
Concha nasal	Sem filtro	3.00	5.16 A	2.00	4.00
	Sharpen	2.00	2.53 B	1.00	4.00
	Sharpen Mild	2.00	3.15 B	1.00	4.00
	S9	3.00	6.20 A	3.00	5.00
	Smooth 3x3	3.00	6.01 A	2.00	5.00
	Sharpen 3x3	2.00	2.40 B	1.00	4.00
	Angio Sharpen Medium 5x5	2.00	2.53 B	1.00	4.00

A Tabela 5 mostra que, na região anterior, o filtro *Sharpen Mild* apresentou qualidade de imagem estatisticamente significante melhor apenas para foramina lingual ($p < 0,05$), enquanto que para a visualização do forame incisivo, foi comparável às imagens sem filtro ($p > 0,05$). Os filtros *Angio Sharpen Medium 5x5*, *Sharpen 3x3* e *Sharpen* permaneceram como os filtros que proporcionaram a melhor qualidade de imagem de forma estatisticamente significante, quando comparadas às imagens originais ($p < 0,05$).

Tabela 5. Escores da qualidade das imagens em função do filtro para as estruturas avaliadas no corte da região anterior.

Estrutura	Filtro	Mediana	Média dos Ranks	Valor mínimo	Valor máximo
Foramina ligual	Sem filtro	4.00	5.22 A	3.00	5.00
	Sharpen	3.00	2.76 BC	1.00	5.00
	Sharpen Mild	3.00	3.57 B	2.00	5.00
	S9	5.00	6.17 A	3.00	5.00
	Smooth 3x3	4.00	5.97 A	3.00	5.00
	Sharpen 3x3	2.00	2.61 BC	1.00	5.00
	Angio Sharpen Medium 5x5	2.00	1.67 C	1.00	5.00
Forame incisivo	Sem filtro	3.00	4.78 AB	2.00	4.00
	Sharpen	3.00	2.87 C	1.00	4.00
	Sharpen Mild	3.00	3.51 BC	1.00	5.00
	S9	4.00	6.13 A	3.00	5.00
	Smooth 3x3	4.00	5.88 A	3.00	5.00
	Sharpen 3x3	2.00	2.46 C	1.00	4.00
	Angio Sharpen Medium 5x5	2.00	2.33 C	1.00	4.00

Foi observado que houve diferença estatisticamente significantes entre os filtros de realce e suavização, na visualização de todas as estruturas anatômicas avaliadas nessa pesquisa, alguns apresentando melhores pontuações e outros piores.

Desconsiderando a aplicação de filtros, as estruturas que obtiveram melhor qualidade de imagem foram concha nasal, cavidade nasal, forame mental e esmalte. Enquanto que câmara pulpar, espaço do ligamento periodontal e dentina foram as estruturas que tiveram sua visualização com pior qualidade (Tabela 6).

Tabela 6. Visualização das estruturas anatômicas em imagens de TCFC, independente da aplicação de filtros.

Estrutura	Mediana	Valor máximo	Valor mínimo
Esmalte	3.00 E	5.00	1.00
Espaço do ligamento periodontal	4.00 AB	6.00	1.00
Canal mandibular	3.00 C	6.00	1.00
Osso trabecular	3.00 BC	5.00	1.00
Dentina	4.00 A	5.00	1.00
Câmara pulpar	4.00 A	5.00	1.00
Forame mental	3.00 E	5.00	1.00
Osso cortical	3.00 BC	5.00	1.00
Seio maxilar	3.00 D	5.00	1.00
Cavidade nasal	3.00 E	5.00	1.00
Concha nasal	2.00 E	5.00	1.00
Foramina lingual	4.00 BC	5.00	1.00
Canal incisivo	3.00 D	5.00	1.00

6. DISCUSSÃO

A associação de exames por imagem ao exame clínico para realização de diagnósticos é uma prática rotineira da grande maioria dos profissionais da área da saúde.

Concorda-se com Curley & Hatcher, 2010, ao citarem que o principal objetivo de todos os exames por imagem é revelar a anatomia do paciente. Isto é importante, pois sabe-se que o reconhecimento radiográfico de patologias exige primeiramente o conhecimento do padrão anatômico do paciente, que dentro dos padrões de normalidade, pode ser normal ou anormal, o qual foge do padrão comumente observado, mas que não é patológico, correspondendo portanto a uma variação do normal. Portanto, estudos que avaliem estruturas anatômicas sem ou com a utilização de ferramentas, tem nessa afirmativa a justificativa e a importância para a realização dos mesmos.

Como a mais nova modalidade de exame por imagem no meio odontológico, a tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC), devido as suas vantagens e facilidades, tem sido solicitada em várias áreas da Odontologia, incluindo exame da articulação temporomandibular, em casos ortodônticos, como na realização de cefalometria tridimensional, em casos endodônticos, incluindo lesões periapicais e reabsorção radicular, planejamento para colocação de implantes, e também em casos de fraturas dentoalveolares (Scarfe & Farman, 2008). Essa abrangência de indicações se dá pelo fato de que, como indicado pelos estudos de Hashimoto *et al.* (2006) e Loubele *et al.* (2007), nas imagens obtidas pela TCFC, as estruturas dentárias apresentam melhor qualidade de imagem quando comparadas às imagens obtidas em TCM. Já na pesquisa realizada por Carrafiello *et al.* (2010), a excelência na qualidade de imagem em TCM só foi obtida para miliamperagem extremamente elevada, o que não justifica o uso desta modalidade em detrimento a TCFC.

Mesmo com tantas vantagens, juntamente com a indicação da TCFC sempre deve ser levado em consideração seu custo-benefício, por meio da correta indicação do exame. Como todo método por imagem em que se utiliza radiação ionizante, deve-se também otimizar a técnica expondo o paciente apenas ao necessário para o objetivo em questão, sem que interfira na qualidade do diagnóstico.

Os sistemas de exames por imagem digital, convencionais ou tomográficos, dispõem da possibilidade de interpretar as imagens no próprio computador, mediante a utilização de softwares, os quais são providos de múltiplas ferramentas digitais. Segundo Wenzel & Sewerin (1991), quando as imagens são digitalizadas um ruído físico é gerado no sistema, o que resulta em perda de qualidade da imagem. Dessa forma, a opção de utilizar ferramentas digitais que otimizam a interpretação radiográfica, torna-se uma das grandes vantagens dos sistemas digitais, concordando-se, portanto com Dawood *et al.*, (2009), quando afirmam que a grande vantagem dos softwares de visualização é dispor de uma infinidade de opções de mudanças nas imagens, que podem ter um efeito significativo na imagem visualizada.

Dentre as ferramentas que podem ser utilizadas para manipulação de imagens, tem-se os filtros. Estes podem ser dos seguintes tipos: filtros pré-definidos (Cárie, Periodontal, Endodôntico, por exemplo), filtros de realce e filtros de suavização. Outras ferramentas digitais que facilitam a interpretação das imagens, além dos filtros, consistem por exemplo, das opções de mensurações lineares e angulares, da apresentação de histograma, de janelas, de opções de ampliação e rotação da imagem (Wenzel & Gröndahl, 1995), que de acordo com Gijbels *et al.*, 2000 e Kositbowornchai *et al.*, 2004, essa possibilidade de alterar as opções de exibição para a interpretação da imagem é uma grande vantagem dos sistemas digitais.

Estudos anteriores avaliaram a influência dos filtros em imagens de radiografias digitais, no diagnóstico de cárie (Møystad *et al.*, 1996; Shrout *et al.*, 1996; Abreu *et al.*, 2001; Koob *et al.*, 2004; Kositbowornchai *et al.*, 2004; Haiter-Neto *et al.*, 2008; Haiter-Neto *et al.*, 2009); no diagnóstico de fraturas radiculares (Kamburoglu *et al.*, 2010); no diagnóstico de lesões ósseas (Wenzel, 1988); e na visualização de estruturas anatômicas (Gijbels *et al.*, 2000; Yalcinkaya *et al.*, 2006; Baksi *et al.*, 2010). Entretanto, apenas Wenzel *et al.*, em 2009, avaliaram a influência da utilização dessa ferramenta em imagens tomográficas.

Os filtros, de acordo com Koob *et al.* (2004), utilizam algoritmos matemáticos para aumentar ou reduzir características específicas na imagem. Existem aqueles com a função pré-definida, onde o próprio nome indica com que objetivo ele foi criado (Filtro periodontal e filtro endodôntico, por exemplo). Já os filtros de suavização e os filtros de realce tem uma aplicação mais generalizada. Segundo Wenzel *et al.* (2009), os filtros de realce acentuam as transições nos níveis de densidade, tornando os limites mais evidentes. O efeito do realce de limites é deixar mais evidente as bordas das estruturas na imagem, para facilitar a interpretação dos limites entre as estruturas (Wenzel, 1993). Já com relação aos filtros de suavização, segundo Haiter-Neto *et al.*, (2008), estes agem de forma com que ocorra um equilíbrio nos valores dos pixels, resultando em uma imagem com menos granulação e com tons de cinza mais uniformes.

No presente estudo, as imagens de TCFC foram submetidas a aplicação de filtros, dentre eles, filtros de suavização (*S9* e *Smooth 3x3*) e filtros de realce (*Sharpen*, *Sharpen Mild*, *Sharpen 3x3* e *Angio Sharpen Medium 5x5*). Foi observado que as imagens com filtros de realce apresentaram significativamente melhor qualidade de imagem, na visualização de estruturas anatômicas, assim como foi relatado nos estudos realizados por Møystad *et al.*, 1996; Shrout *et al.*, 1996; Wenzel *et al.*, 2009; Baksi *et al.*, 2010, que também obtiveram melhores resultados quando os filtros de realce foram utilizados. Isto pode confirmar a afirmativa de Wenzel (1993), de que os filtros de realce

evidenciam as bordas das estruturas. Assim, se há essa evidência, torna-se mais fácil a delimitação das estruturas anatômicas. Entretanto, discorda dos trabalhos de Abreu *et al.* (2001), Kositbowornchai *et al.* (2004) e Haiter-Neto *et al.* (2009), porém esses autores avaliaram a presença de lesões de cárie. Kamburoglu *et al.*, (2010), também não observaram qualquer influência da utilização de filtros de realce, porém foi avaliada a presença de fraturas radiculares. Gijbels *et al.* (2000), ao avaliar estruturas anatômicas, também não detectaram qualquer influência na capacidade de diagnóstico quando os filtros de realce foram aplicados nas imagens digitais, entretanto foram utilizadas imagens panorâmicas.

Quando os filtros de suavização foram utilizados nas imagens do presente estudo, não resultou em qualquer influência na qualidade da imagem, mantendo-a comparável às das imagens originais, concordando com os estudos de Shrout *et al.*, 1996; Wenzel, 1988; Abreu *et al.*, 2001; Koob *et al.*, 2004, nos quais também não foi observado nenhum aumento na acurácia do diagnóstico quando os filtros de suavização foram utilizados.

Dentre os quatro filtros de realce avaliados, apenas três deles proporcionaram melhor qualidade de imagem para todas as estruturas anatômicas, entretanto o filtro *Sharpen Mild* só influenciou na visualização de sete estruturas, concordando com a afirmação de Mol, 2000, Abreu *et al.*, 2001 e Baksi *et al.*, 2010, que é importante considerar em qual parte da imagem o aplicativo atua, conhecer as características de densidade, de contraste e de ruído que são afetadas com a opção de visualização escolhida, pois um filtro que otimiza a visualização de uma determinada estrutura pode prejudicar a interpretação de outra. Foi observado também, que dentre os filtros de realce, o filtro *Angio Sharpen Medium 5x5* se detascou, entretanto não diferiu com valores estatisticamente significantes, mantendo, portanto, a imagem com qualidade comparável àquelas nas quais foram aplicados os filtros *Sharpen* e *Sharpen 3x3*.

De acordo com Yalcinkaya *et al.*, 2006, a visibilidade de estruturas anatômicas é mais limitada ao contraste do que a presença de ruído na imagem. Embora o ruído não tenha sido mensurado no presente estudo, foi observado que as imagens submetidas aos filtros de realce apresentaram-se mais granuladas, e que mesmo assim, foram as imagens que receberam melhores pontuações, na visualização de estruturas anatômicas. Provavelmente por isso, os filtros de suavização por mais que reduzam o ruído na imagem, deixam o contraste a desejar, fazendo com que não haja qualquer melhoria na qualidade da imagem, como foi observado no presente estudo.

De acordo com Abreu *et al.*, 2001 e Haiter-Neto *et al.*, 2008, os filtros de suavização são indicados para melhor visualização do osso alveolar, entretanto, no presente estudo foi visto que os filtros de realce que proporcionaram melhor qualidade de imagem para visualização do osso alveolar, pois os filtros de suavização aplicados não influenciaram na visualização dessa estrutura anatômica, mantendo a qualidade da imagem comparável àquelas sem aplicação de filtros. Esse fato pode ter ocorrido porque, no presente estudo, foram avaliadas imagens tomográficas, enquanto que nos estudos de Abreu *et al.*, 2001 e Haiter-Neto *et al.*, 2008, foram utilizadas imagens convencionais.

Foi observado que houve diferença estatisticamente significativa entre os filtros realce (*Sharpen*, *Sharpen 3x3* e *Angio Sharpen Medium 5x5*) e filtros de suavização (*Smooth 3x3* e *S9*), o que já era esperado devido a ação inversa dos dois tipos de filtros, concordando com as respectivas afirmações de Wenzel *et al.*, 2009 e Haiter-Neto *et al.*, 2008, os quais afirmam que os filtros de realce acentuam a transição nos níveis de densidade, enquanto que os filtros de suavização tendem a equilibrar esses valores. Essa diferença estatisticamente significativa entre os filtros utilizados também foi vista no trabalho realizado por Baksi *et al.*, 2010.

O nível de concordância intraobservador foi excelente, variando de 0,89 a 0,94, segundo o ICC. A característica subjetiva da avaliação justificou a variação dos resultados do nível de concordância interobservador, que variou de -0,94 para visualização da câmara pulpar sem filtro a 0,90 para avaliação do espaço do ligamento periodontal com aplicação do filtro *Sharpen*.

Quando foi avaliada a visualização das estruturas anatômicas em imagens de TCFC, independente da aplicação dos filtros observou-se que o esmalte, o forame mentual, a cavidade nasal e a concha nasal foram as estruturas melhor visualizadas, enquanto que espaço do ligamento periodontal, a dentina e a câmara pulpar foram as estruturas com pior qualidade de imagem, concordando com o trabalho realizado por Liang *et al.*, 2009, no qual foi encontrado que o ligamento periodontal esteve entre as estruturas anatômicas com pior qualidade de imagem.

Yalcinkaya *et al.* (2006), ao avaliar a visibilidade de estruturas anatômicas em radiografias periapicais, concluiu que a visualização do espaço do ligamento periodontal, do osso trabecular e da crista alveolar foi classificada como quase perfeita, e que o canal radicular foi a estrutura que recebeu menor pontuação. O resultado obtido pelos autores pode ter sido decorrente do uso do filtro periodontal, que é específico para avaliação das estruturas periodontais.

Alguns aspectos devem ser levados em consideração quando se compara os resultados do presente estudo com os demais estudos citados, pois é notável que as diferenças na metodologia alteram os resultados obtidos entre eles. Tem-se como exemplo, o tipo de imagem utilizado, radiografia ou tomografia; o que foi avaliado, se estruturas anatômicas, lesões de cárie, lesões ósseas ou fraturas radiculares; o tipo de amostra, *in vivo* ou *in vitro*; o tipo de aparelho utilizado; as diferentes formas de avaliação das imagens; e os diferentes protocolos de aquisição das imagens.

As imagens do presente estudo foram avaliadas em cortes parassagitais e sagitais, sob as mesmas condições de brilho e contraste, dispostas individualmente em slides, com o objetivo de padronizar as condições de avaliação, evitando a variação entre as opiniões dos avaliadores, semelhante ao estudo de Yalcinkaya *et al.*, 2006 e Wenzel *et al.*, 2009, entretanto, diferiu do estudo realizado por Liang *et al.*, 2009, no qual as imagens foram avaliadas no próprio software, permitindo alteração de brilho, contraste e opção de visualização (plano sagital, axial ou coronal).

De acordo com Kwong *et al.*, (2008) a qualidade da imagem pode ser influenciada por diversos fatores, dentre eles o tamanho do *voxel*, a dose de radiação utilizada (miliamperagem), e o tamanho do FOV. Diante dos resultados obtidos no presente estudo, onde a utilização de determinados filtros proporcionaram melhor qualidade de imagem quando comparadas as imagens sem filtros, mais pesquisas devem ser conduzidas com o objetivo de avaliar se a aplicação de filtros em imagens de TCFC pode compensar a redução na dose de radiação emitida, como foi afirmado por Kositbowornchai *et al.*, (2004) e Koob *et al.*, (2004), mantendo a qualidade da imagem comparável à imagens adquiridas com maior dose de radiação, que de acordo com Carrafiello *et al.*, (2010), apresentam melhor qualidade de imagem.

7. CONCLUSÃO

Considerando a metodologia empregada para o desenvolvimento dessa pesquisa, concluiu-se que o processamento da imagem por meio da aplicação dos filtros *Sharpen*, *Sharpen Mild*, *Sharpen 3x3* e *Angio Sharpen Medium 5x5* influenciou a qualidade da imagem de tomografia computadorizada de feixe cônico, na visualização de estruturas anatômicas.

Dentre as estruturas anatômicas avaliadas, esmalte, forame mental, cavidade nasal e concha nasal foram as estruturas melhor visualizadas nas imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico.

REFERÊNCIAS*

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: 381-385.

Arai Y, Tammisalo E, Iwai K, Hashimoto K, Shinoda K. Development of a compact computed tomographic apparatus for dental use. *Dentomaxillofac Radiol.* 1999; 28: 245-8.

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: 424-430.

Carrafiello G, Dizonno M, Colli V, Strocchi S, Taubert SP, Leonardi A, *et al.* Comparative study of jaws with multislice computed tomography and cone-beam computed tomography. *Radiol Med.* 2010; 115(4): 600-611.

Cederberg RA, Frederiksen NL, Benson BW, Shulman JD. Influence of the digital image display monitor on observer performance. *Dentomaxillofac Radiol.* 1999; 28: 203-7.

Curley A, Hatcher DC. Cone-beam CT – anatomic assessment and legal issues: the new standards of care. *Today's FDA.* 2010; 22(4):52-5, 57-9, 61-3.

Dawood A, Patel S, Brown J. Cone beam CT in dental practice. *Br Dent J.* 2009; 207: 23-8.

* 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.

Garib DG, Raymundo Jr R, Raymundo MV, Raymundo DV, Ferreira SN. Tomografia computadorizada de feixe cônico (Cone beam): entendendo este novo método de diagnostico por imagem com promissora aplicabilidade na Ortodontia. R Dental Press Ortodon Ortop Facial. 2007; 12(2): 139-156.

Gijbels F, De Meyer AM, Bou Serhal C, Van den Bossche C, Declerck J, Persoons M, *et al.* The subjective image quality of direct digital and conventional panoramic radiography. Clin Oral Investig. 2000; 4: 162–167.

Haiter-Neto F, Pontual AA, Frydenberg M, Wenzel A. Detection of non-cavitated approximal caries lesions in digital images from sevens solid-state receptors with particular focus task-specific enhancement filters. An ex vivo study in human teeth. Clin Oral Invest. 2008; 12: 217-223.

Haiter-Neto F, Spinelli C, 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: 116-121.

Hashimoto K, Kawashima S, Araki M, Sawada K, Akiyama Y. Comparison of image performance between cone-beam computed tomography for dental use and four-row multidetector helical CT. J Oral Sci. 2006; 48: 27-34.

Hatcher DC. Operational principles for cone-beam computed tomography. JADA. 2010; 141(10 suppl): 3S-6S.

Honey OB, Scarfe WC, Hilgers MJ, Klueber K, Silveira AM, Haskell BS, *et al.* Accuracy of cone-beam computed tomography imaging of the temporomandibular joint: Comparisons with panoramic radiology and linear tomography. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2007; 132: 429-438.

Hounsfield GN. Computerized transverse axial scanning (tomography): Part. I. Description of system. Br J Radiol. 1973; 46: 1016-1022.

Kaeppler G. Applications of cone beam computed tomography in dental and oral medicine. *Int J Comput Dent.* 2010; 13(3): 203-219.

Kamburoglu 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.

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: 388-93.

Kositbowornchai S, Basiw M, Promwang Y, Moragorn H, Sooksuntisakoonchai N. Accuracy of diagnosing occlusal caries using enhanced digital images. *Dentomaxillofac Radiol.* 2004; 33: 236-240.

Kwong JC, Palomo JM, Landers MA, Figueroa A, Hans MG. Image quality produced by different cone-beam computed tomography settings. *Am J Orthod Dentofacil Orthop.* 2008; 133: 317-327.

Liang X, Jacobs R, Hassan B, Li L, Pauwels R, Corpas L, *et al.* A comparative evaluation of cone beam computed tomography (CBCT) and multi-slice CT (MSCT). Part I. On subjective image quality. *Eur J Radiol.* 2009; 1-5.

Liedke GS, Silveira HED, Silveira HLD, Dutra V, Figueiredo JAP. Influence of voxel size in the diagnostic ability of cone beam tomography to evaluate simulated external root resorption. *J Endod.* 2009; 35: 233-5.

Lofthag-Hansen S, Thilander-Klang A, Gröndahl K. Evaluation of subjective image quality in relation to diagnostic task for cone beam computed tomography with different fields of view. *Eur J Radiol.* 2010; 1-6.

Loubele M, Guerrero ME, Jacobs R, Suetens P, van Steenberghe D. A comparison of jaw dimensional and quality assessment of bone characteristics with

cone-beam CT, spiral tomography, and multi-slice spiral CT. *Int J Oral Maxillofac Impants*. 2007; 72: 75-80.

Mol A. Image processing tools for dental applications. *Dent Clin North Am*. 2000; 44(2): 299-318.

Møystad A, Svanaes DB, Risnes S, Larheim TA, Gröndhal 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.

Parks ET. Computed tomography applications for dentistry. *Dent Clin North Am*. 2000; 44(2): 371-394.

Pohlenz P, Blessmann M, Blake F, Gbara A, Schmelzle R, Heiland M. Major mandibular surgical procedures as an indication for intraoperative imaging. *J Oral Maxillofac Surg*. 2008; 66: 324-9.

Scarfe WC, Farman AG, Sukovic P. Clinical Applications of Cone-Beam Computed Tomography in Dental Practice. *J Can Dent Assoc*. 2006; 72: 75-80.

Scarfe WC, Farman AG. What is Cone-Beam CT and How Does it Work? *Dent Clin N Am*. 2008; 52: 707-730.

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: 469-473.

Wenzel A. Computer-aided image manipulation of intraoral radiographs to enhance diagnosis in dental practice: a review. *Int Dent J*. 1993; 43: 99–108.

Wenzel A. Effect of image enhancement for detectability of bone lesions in digitized intraoral radiographs. *Scand J Dent Res*. 1988; 96(2): 149-160.

Wenzel A, Gröndahl H-G. Direct digital radiography in the dental office. *Int Dent J*. 1995; 45: 27–34.

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 tranverse root fractures in an in vitro model. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2009; 108(6): 939-945.

Wenzel A, Sewerin I. Sources of noise in digital subtraction radiography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1991; 71: 503-8.

Yalcinkaya S, Künzel A, Willers R, Thoms M, Becker J. Subjective image quality of filtered radiographs acquired by the Dürr vistascan system compared with conventional radiographs. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2006; 101:643–651.



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 **"Influência da aplicação de filtros de realce na qualidade de imagem de tomografia computadorizada de feixe cônico"**, protocolo nº 089/2010, dos pesquisadores Débora de Melo Távora e Gláucia Maria Bovi Ambrosano, satisfaz as exigências do Conselho Nacional de Saúde - Ministério da Saúde para as pesquisas em seres humanos e foi aprovado por este comitê em 01/09/2010.

The Ethics Committee in Research of the School of Dentistry of Piracicaba - State University of Campinas, certify that the project **"Influence of application of enhancement filters in image quality of CT cone beam"**, register number 089/2010, of Débora de Melo Távora and Gláucia Maria Bovi Ambrosano, 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 09/01/2010.

Prof. Dr. Pablo Agustin Vargas
 Secretário
 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.