

TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA CONE BEAM: AVALIANDO SUA PRECISÃO EM MEDIDAS LINEARES

Guilherme Teixeira Coelho Terra

Professor e Assessor da Coordenação do Curso de Odontologia da Universidade Ibirapuera, Mestre em Odontologia – Universidade Ibirapuera, Especialista em Implantodontia – SOESP, Especialista em Dentística – Unicsul.

Jefferson Xavier de Oliveira

Professor Associado do Programa de Pós-Graduação em Odontologia – Diagnóstico Bucal – Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, Mestre, Doutor e Livre Docente em Odontologia – Diagnóstico Bucal pela Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo.

Vanda Beatriz Teixeira Coelho Domingos

Coordenadora do Curso de Especialização em Ortodontia da SPO e SLMandic, Mestre e Doutora em Diagnóstico Bucal pela Faculdade de Odontologia da USP, Especialista em Ortodontia – SOESP.

Renato Rossi Junior

Coordenador dos Cursos de Especialização em Implantodontia do SOESP e SBOOM, Especialista em CTBMF – USP, Especialista em Implantodontia – CFO, Mestre e Doutor em Odontologia – FOUSP, Pós-Doutor em Odontologia – Hospital Hermanos Amejeiras.

Resumo

Desde o advento da tomografia computadorizada por Ambrose e Hounsfield em 1972, o planejamento dos tratamentos com implantes ganhou um grande aliado, sendo nos dias de hoje indispensável. As tomografias computadorizadas são técnicas Imaginológicas onde se obtém imagens em diversos planos com uma fidelidade das mensurações muito próximas à realidade. Este trabalho procurou avaliar a precisão da Tomografia computadorizada Cone Beam em relação às medidas reais, utilizando uma guia radiográfica em uma mandíbula suína e dela sendo realizada uma tomografia computadorizada Cone Beam. Ao avaliar a revisão da literatura e os resultados deste trabalho, concluímos que esse exame é válido como ferramenta auxiliar no planejamento de tratamentos com implantes osseointegrados, sendo que a TC Cone Beam, comparada à TC Helicoidal ainda têm a vantagem de propiciar uma menor dose de radiação ao paciente, produzir menos artefatos radiológicos, possuir uma melhor qualidade da imagem dos tecidos duros, ser mais barata, mais rápida de ser realizada e pode ser realizada em diversos Centros Radiológicos Odontológicos.

Descritores: Tomografia Computadorizada Espiral, Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico, Implantes Dentários.

Abstract

Since the advent of computed tomography Hounsfield and Ambrose in 1972, the treatment planning with implants won a major ally and is nowadays indispensable. CT scans are imaging procedures which takes images in different planes with a fidelity of the measurements are very close to reality. This study sought to evaluate the accuracy of Cone Beam Computed Tomography for actual measurements, using a radiographic guide a fever and her jaw had undergone a cone beam computerized tomography. In assessing the literature review and the results of this study, we conclude that this test is valid as a tool to assist in treatment planning with dental implants, and Cone Beam CT, compared with helical CT also have the advantage of providing a lower dose of radiation to patients, produce less artifacts radiological, have a better quality image of the hard tissues, is cheaper, faster to perform and can be accomplished in several Centers Dental Radiology.

Keywords: Spiral Computed Tomography, Cone Beam Computed Tomography, Dental Implants.

1. Introdução

Quando entramos no assunto tomografia computadorizada não podemos nos esquecer de Wilhelm Conrad Röntgen, que no dia 28 de Dezembro de 1895 anunciou a descoberta dos raios-x¹. Após essa descoberta e com o passar dos anos, o diagnóstico por imagem passou por significativos avanços, resultando em exames de extrema qualidade, como os que temos nos dias de hoje. Um dos momentos mais importantes dessa evolução foi em 1972 quando, Ambrose e Hounsfield apresentaram um novo método de utilização da radiação, onde os coeficientes de absorção dos raios-x pelos diversos tecidos do corpo Humano seriam enviados a um computador onde seria calculados e apresentados em uma tela como pontos luminosos, variando do branco ao preto, com tonalidades de cinza intermediárias. Inicia-se, então, a era das tomografias computadorizadas^{2 3}.

Tomografia Computadorizada é um termo genérico dado a uma gama de tecnologias de diagnóstico por imagem que é capaz de reconstruir os dados coletados pelo equipamento e reconstruir volumetricamente, sendo possível a análise de cortes em diversos planos do corpo Humano^{4 5}.

Basicamente, as tomografias computadorizadas podem ser divididas em duas principais categorias, baseando-se na geometria do feixe emitido pelo aparelho: tomografia computadorizada Helicoidal (onde o feixe emitido é em forma de leque) e a tomografia computadorizada de feixe cônico (onde o feixe emitido é em forma de cone).

A tecnologia das tomografias computadorizadas permite a reconstrução volumétrica e manipulação das imagens por meio de softwares de computador, com extrema fidelidade e em escala real (1:1), onde a obtenção desses dados ocorre pela emissão de um feixe de raios-x que são colhidos por receptores de raios-x, sendo esses dados enviados ao computador, onde serão reconstruídos em imagens e manipulados pelo software^{5 6}.

O sucesso do tratamento envolvendo implantes osseointegrados depende de um correto planejamento, que só será conseguido utilizando exames de tomografia

computadorizada, sendo esse exame essencial para o planejamento em Implantodontia, já que a avaliação das condições ósseas e a relação entre estruturas anatômicas importantes como o canal mandibular e o seio maxilar, somente são bem visualizados pelos vários planos visualizados nas tomografias^{7 8}.

Cerca de uma década atrás, em 1998, surgiu o conceito de um novo aparelho de tomografia: a tomografia computadorizada de feixe cônico, conhecida também como TC Cone Beam. Segundo seus idealizadores, este novo tomógrafo, desenvolvido para a região Maxilo facial, diferentemente da tomografia computadorizada Helicoidal (TC Helicoidal) que adquiria os dados por fatias, baseava-se na emissão de um feixe cônico de raios-x em um único giro de 360° em torno da cabeça do paciente onde todo o volume das estruturas seria obtido. Após a aquisição dos dados as imagens seriam reconstruídas volumetricamente, bidimensionalmente e tridimensionalmente pelo programa de computador^{6 9 10}.

As doses de radiação efetiva da TC Cone Beam seriam mais baixas que na tomografia computadorizada de feixe em leque^{6 11}. Alguns autores relatam que a dose de radiação seria até 40 vezes menor que na TC Helicoidal^{9 12} porém a maioria dos autores citam que, em média, as doses de radiação efetiva seriam cerca de quinze vezes menor^{10 13}.

Autores afirmam que a qualidade das imagens produzidas pela TC Cone Beam são superiores as imagens produzidas pela TC Helicoidal, além de produzirem menos artefatos frente a artigos metálicos¹⁴.

Hoje em dia, a tomografia computadorizada de feixe cônico já é amplamente utilizada na Implantodontia, tem provado ser uma ferramenta extremamente útil para a avaliação pré-cirúrgica de implantes e deve desempenhar um papel de suma importância dentro da Odontologia, principalmente dentro da Implantodontia^{5 12 15}.

2. TC Helicoidal X TC Cone Beam

Algumas diferenças básicas dessas tomografias são a dose de radiação efetiva absorvida, que é significante maior no exame Helicoidal, sendo relatado por alguns autores como até 40 vezes maiores que na TC Cone Beam^{5 12 15}. Com rela-

ção ao custo para o paciente, a TC Cone Beam é significativamente mais barata que a TC Helicoidal^{5 18}. Autores¹² relataram que, no mercado Americano, os valores dos exames variam entre US\$ 250 e US\$ 350 para a tomografia computadorizada de feixe cônico, US\$ 350 e US\$ 800 para a tomografia computadorizada Helicoidal.

No quesito qualidade das imagens há um consenso de que para tecidos moles a TC Helicoidal é mais apurada. Já para os tecidos duros, a qualidade das imagens penderia para a TC Cone Beam^{14,10,13,19}, explicada por alguns autores¹⁴ pelo tamanho e forma dos voxels (os voxels são as estruturas de tamanho muito reduzido que recriam a imagem no computador a partir dos dados colhidos pelas tomografias computadorizadas), onde na TC Helicoidal esse voxel é anisotrópico – cubos retangulares, com a profundidade maior que sua altura e espessura – e na TC Cone Beam o voxel é isotrópico – igual nas três dimensões. Outra diferença entre os voxels é que na TC Helicoidal a superfície do voxel pode chegar a 0.625 mm² enquanto na TC Cone Beam pode chegar a 0.125 mm³. No sistema Cone Beam os artefatos produzidos por restaurações metálicas são bem menos significantes que na TC Helicoidal^{5 10}.

A tomada dos dados na TC Helicoidal é realizada com paciente deitado na mesa, onde essa se movimentará pelo interior do Gantry, gerando assim os cortes tomográficos em cada posição da mesa em relação ao Gantry. Este exame pode levar até cerca de dez minutos^{20 22}. Já na TC Cone Beam a maioria dos exames são realizados sentados, onde a fonte de raios-x realizaria um único giro de 360° em torno da cabeça do paciente onde todo o volume das estruturas seria obtido. Após a aquisição dos dados as imagens seriam reconstruídas volumetricamente, bidimensionalmente e tridimensionalmente pelo programa de computador. O exame de Cone Beam dura cerca de 36 segundos^{5-6,9-10,23}.

Os programas que executam a reconstrução das imagens da TC Cone Beam podem ser instalados em computadores convencionais, não sendo necessário uma “Workstation” como a TC Helicoidal. Desta maneira, o profissional pode utilizar o software específico em seu computador pessoal, e manipular as imagens tridimensionais, segundo a sua conveniência, assim como mostrá-la em tempo real aos pacientes¹⁰.

Uma curiosidade da TC Cone Beam é de que as medidas obtidas em exames de tomografia computadorizada de

feixe cônico, apesar de serem muito próximas à realidade, são freqüentemente menores que as medidas reais²⁴.

A proposta do presente estudo foi verificar a precisão do exame de uma tomografia computadorizada de feixe cônico, realizada em uma mandíbula suína, confrontando as medidas obtidas no exame com as medidas reais, realizadas diretamente na mandíbula.

3. MATERIAL E MÉTODO

Para a realização deste trabalho foram utilizados quatro guias cirúrgicas dispostas em quatro regiões em uma mandíbula suína, um paquímetro mecânico (Marberg, China), um programa de manipulação de imagens (DentalSlice - Bioparts, Brasil) e um exame tomográfico Cone Beam (I-Cat, Imaging Science, USA).

Foi confeccionada uma guia radiográfica em resina acrílica auto polimerizável onde foram posicionadas pequenas porções de guta percha, que foram utilizadas como referência para as medições, tendo uma fina lâmina de cera utilidade como espaçador entre a guta percha e a mandíbula. Esta lâmina de cera tinha a finalidade de não permitir que a imagem da guta percha se sobrepusse às imagens das estruturas ósseas no exame tomográfico. A cera utilidade, após a polimerização da resina, foi removida, pois a guta percha já estava aderida firmemente à resina acrílica.



Figura 1 - Mandíbula preparada para ser submetida à tomografia.

As marcações de referência em guta percha foram posicionadas em quatro regiões da mandíbula suína: uma na região anterior direita (AD), uma na região anterior esquerda (AE), uma na região posterior esquerda (PE) e outra na região posterior direita (PD).

A Mandíbula suína foi submetida ao exame de tomografia computadorizada de feixe cônico (TC Cone Beam) no equipamento I-Cat, Kavø - Imaging Science



Figura 2 - Equipamento de tomografia computadorizada Cone Beam.

com 80 kVp, 5 mAs. Após a aquisição dos dados, foram realizadas reconstruções axiais primárias com cortes de 1 mm de espessura. Os dados obtidos foram gravados em padrão DICOM.

As imagens gravadas foram transportadas e manipuladas por meio de um software de tratamento de imagem (DentalSlice – Bioparts, Brasil).

As medidas realizadas diretamente na mandíbula foram realizadas com o auxílio de um paquímetro,



Figura 3 - Paquímetro utilizado

por um observador e seguiram os seguintes parâmetros:

- Medição da altura óssea, na região referente a cada esfera de guta percha, do topo da crista óssea à cortical inferior do osso basal.



Figura 4 - Medição da região posterior esquerda



Figura 5 - Medição da região posterior direita

As medidas realizadas nos exames tomográficos foram realizadas diretamente no computador por meio de um software (DentalSlice) por um observador e seguiram os seguintes parâmetros:

- Medição da altura óssea no corte referente ao posicionamento de cada esfera de guta percha, do topo da crista óssea à cortical inferior do osso basal.

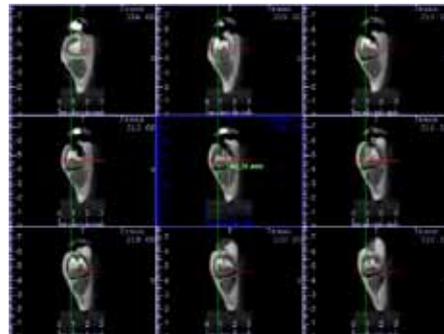


Figura 6 - Corte tomográfico da região posterior esquerda

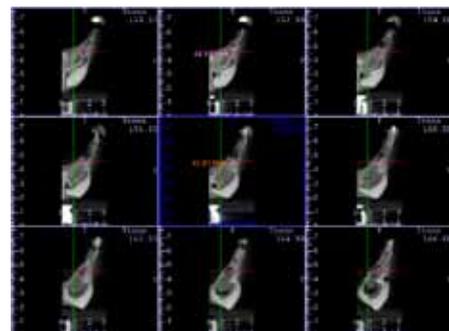


Figura 7 - Corte tomográfico da região anterior esquerda

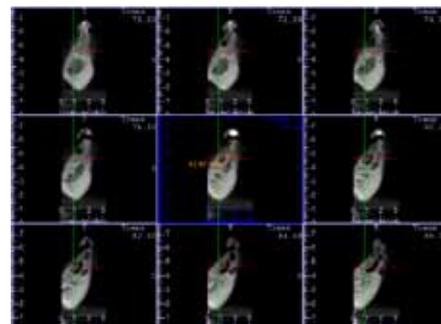
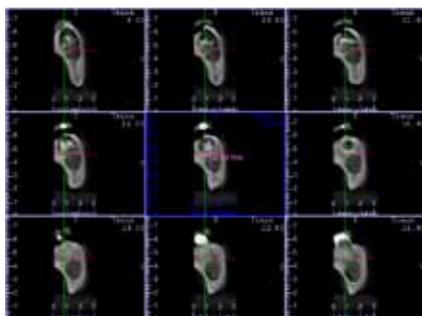


Figura 8 - Corte tomográfico da região anterior direita



Corte tomográfico da região posterior direita

5. RESULTADOS

Após as mensurações das imagens nos cortes selecionados no exame tomográfico, realizou-se a comparação das medidas obtidas nas mensurações realizadas com o paquímetro diretamente na mandíbula suína (padrão ouro). Os resultados encontrados estão dispostos nos quadros 1:

		Região PE	Região PD	Região AD	Região AE
TC	Cone	42.36 mm	40.29 mm	43.98 mm	44.91 mm
Beam					
Paquímetro		43 mm	40.5 mm	44 mm	45 mm

Quadro 1 – Medidas da altura óssea

6. DISCUSSÃO

Em vista dos riscos em se realizar procedimentos inerentes à Implantodontia sem a utilização de exames tomográficos computadorizados, e a queda dos valores dos exames de diagnóstico por imagem, as tomografias computadorizadas se tornaram quase que uma obrigação no planejamento dos procedimentos cirúrgicos Implantodônticos^{7, 8}.

Apesar da alta dose de radiação despendida pelos aparelhos tomográficos Helicoidais, este tipo de exame foi e continua sendo, um dos exames de eleição, e muito requisitado pelos cirurgiões dentistas, para as cirurgias de instalação de implantes osseointegrados^{9, 15}. Também é um exame muito utilizado em planejamentos de cirurgias de reconstrução maxilo-mandibulares e em cirurgias Buco Maxilo Faciais. Desde o advento da TC Cone Beam, esta vem ganhando o espaço da TC Helicoidal, principalmente na Odontologia^{9, 12, 15}.

Toda tomografia computadorizada gera imagens volumétricas. Portanto, a nomenclatura correta para a tomografia computadorizada utilizada em Odontologia é tomografia computadorizada de feixe cônico ou tomografia

computadorizada Cone Beam⁵⁻⁶.

A maior desvantagem, e que gera muitas discussões em relação à TC Helicoidal, é o risco radiobiológico e seus possíveis efeitos estocásticos, que seriam cerca de 40 vezes superiores a uma radiografia panorâmica¹⁶⁻¹⁷. Já na TC Cone Beam, esse risco radiobiológico giraria em torno de quatro vezes superior a uma radiografia panorâmica⁹. Outra desvantagem citada em relação à TC Helicoidal é o fato do posicionamento da necessidade de posicionar o paciente em 0° em relação ao Gantry e que o paciente fique imóvel durante a aquisição das imagens²¹⁻²². Qualquer mudança nessa posição ou pequenas movimentações do paciente (como respiração rápida, deglutição, tosse, etc...) poderiam gerar distorções na imagem final, aumentando o tempo do exame e de exposição à radiação, devido ao reposicionamento do paciente e repetição do exame nos cortes que forem necessários²¹.

Dentre as vantagens da TC Cone Beam sobre a TC Helicoidal, são citadas o fato de a grande maioria dos exames de TC Cone Beam serem realizados sentados, a menor importância do perfeito posicionamento do paciente na máquina e o tempo de tomada do exame, que chega a ser quinze vezes menor¹³.

Existe um consenso de que as visualizações dos tecidos moles são mais nítidas na TC Helicoidal, porém a qualidade das imagens dos tecidos duros é melhor na TC Cone Beam, pois, os voxels, que são as estruturas de menor tamanho das imagens, na TC Helicoidal são anisotrópicos – cubos retangulares, com a profundidade maior que sua altura e espessura – e na TC Cone Beam isotrópicos – igual nas três dimensões. Outra diferença entre os voxels é que na TC Helicoidal a superfície do voxel pode chegar a 0.625 mm² enquanto na TC Cone Beam pode chegar a 0.125 mm³. Quanto menor for o tamanho deste voxel, melhor é a qualidade da imagem^{14, 19}.

Quanto à fidelidade das imagens, muitos trabalhos mostram que a acurácia dos dois exames são muito parecidas, sendo a TC Helicoidal citada por alguns autores como levemente mais fiel que a TC Cone Beam, porém, sendo ambos os exames de excelente fidelidade^{10, 11}.

Outro fato muito abordado são os artefatos produzidos pelos exames tomográficos computadorizados em geral, porém é muito lembrado o fato dos softwares de

manipulação de imagens serem mais eficientes nos exames de Cone Beam na remoção desses artefatos, que são produzidos na presença de qualquer artigo metálico como restaurações metálicas, implantes, placas e parafusos¹⁰.

O modo de obtenção das imagens da tomografia computadorizada tradicional (TC Helicoidal) ocorre em fatias por um campo de raios-x colimados em forma de leque detectado por uma fileira de detectores também em forma de leque. Para uma melhor qualidade de reconstrução da imagem são necessárias diversas projeções de vários ângulos, onde quem se movimenta é a mesa onde está posicionado o paciente^{6, 9, 20}.

Já na TC Cone Beam a aquisição de dados ocorreria em apenas um giro de 360° em torno da cabeça do paciente, onde o equipamento se utiliza de um feixe de raios-x em forma de cone que são detectados por uma fileira de detectores também em forma de cone onde os dados brutos são reformatados em diversos planos pelo software de manipulação de imagens^{6, 9-10, 13}.

A TC Cone Beam vai desempenhar um papel importante no futuro da Imaginologia e das áreas que dela se utilizam, pois além dos aspectos de sua qualidade e precisão já apresentados, seus exames são de valores mais baixos que os da TC Helicoidal, é executado em um tempo muito reduzido, o equipamento é de um valor significativamente menor, tornando possível mais centros radiológicos adquirirem o aparelho, facilitando assim a disseminação do uso deste exame^{5, 10-12}.

Concordando com os resultados obtidos neste trabalho, Lascala²⁴ (2003) cita que as medidas obtidas nos exames de tomografia computadorizada de feixe cônico, apesar de serem muito próximas à realidade, são frequentemente menores que as medidas reais.

7. CONCLUSÕES

Com base na literatura pesquisada e a partir dos resultados desta pesquisa concluímos que:

- O exame de tomografia computadorizada de feixe cônico possui imagens de alta definição quando o assunto é tecido ósseo.
- As medidas dos exames de tomografia computadorizada de feixe cônico são extremamente precisas, porém frequentemente menores que as medidas reais.

- O exame tomográfico de feixe cônico é indicado no planejamento em Implantodontia com total segurança e previsibilidade.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Martins RA. A descoberta dos raios X: o primeiro comunicado de Röntgen. *Rev Bras Ens Fis.* 1998;20(4):373-91.
2. Carvalho ACP. História da tomografia computadorizada. *Rev Imagem.* 2007;29(2):61-6.
3. Ruprecht A. Oral and Maxillofacial Radiology: Then and Now. *J Am Dent Assoc.* 2008;139:5S-6S.
4. Brooks SL. Computed tomography. *Dent Clin North Am.* 1993 Oct;37(4):575-90.
5. Cotrim-Ferreira FA, Lascala CA, Costa C, Garib DG, Chilvarquer I, Cavalcanti MGP, Ferreira RI. Modernos métodos de radiologia e Imaginologia para uso ortodôntico. *Ortodontia.* 2008;41(1):62-71.
6. Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, Martini PT, Andreis IAB. A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. *Eur Radiol.* 1998;8(9):1558-64.
7. Andrade LM. Aplicações da tomografia computadorizada ao diagnóstico odontológico. [Dissertação de Mestrado]. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG; 2000.
8. Costa DM, Lederman HM, Chilvarquer I, Cerri A, Lima AMC. Índice de discrepância de imagens reformatadas na TC helicoidal para o planejamento de implantes osseointegrados. *RPG Rev Pós-Grad.* 2005 Out./Dez;12(4):423-9.
9. Resnik RR, Kircos LT, Misch CE. Técnicas e diagnóstico por imagem. In: Misch CE. *Implantes dentais contemporâneos.* 3ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2008. p. 38-67.
10. Garib DG, Raymundo Jr R, Raymundo MV, Raymundo DV, Ferreira SN. Tomografia computadorizada de feixe cônico (cone beam): entendendo este novo método de diagnóstico por imagem com promissora aplicabilidade na Ortodontia. *R Dental Press Ortodon Ortop Facial.* 2007 mar./abr.12(2):139-56.
11. Saddy MS. Estudo comparativo entre a tomografia computadorizada e a tomografia volumétrica na confecção de modelos de prototipagem. [Tese de Doutorado]. São Paulo: Faculdade de Odontologia da USP; 2006.
12. Danforth RA, Peck J, Hall P. Cone Beam volume tomography: an imaging option for diagnosis of complex man-

- dibular third molar anatomical relationships. *J Calif Dent Assoc* 2003;31(11):847-52.
13. Bissoli CF, Ágrede CG, Takeshita WM, Castilho JCM, Medici Filho E, Moraes MEL. Importancia y aplicaciones del sistema de tomografía computarizada cone-beam (cbct). *Acta Odontol Venez.* 2007;45(4):589-92.
14. Scarfe WC, Farman AG, Sukovic P. Clinical applications of Cone-Beam Computed Tomography in dental practice. *J Can Dent Assoc.* 2006; 72(1):75-80.
15. Hatcher DC, Dial C, Mayorga C. Cone Beam CT for Pre-Surgical Assessment of Implant Sites. *J Calif Dent Assoc.* 2003 Nov.;31(11):825-33.
16. Schulze D, Heiland M, Thurmann H, Adam G. Radiation exposure during midfacial imaging using 4- and 16-slice computed tomography, cone beam computed tomography systems and conventional radiography. *Dentomaxillofac radiol.* 2004;33(2):83-6.
17. Silva JAB, Silva LEA, López, AM. Disposición del conducto dentario inferior en el cuerpo mandibular. Estudio anatómico y tomográfico. *Acta Odontol Venez.* 2007;45(3):421-425.
18. Roberts JA, Drage NA, Davies J, Thomas DW. Effective dose from cone beam CT examinations in dentistry. *Br J Radiol;* 2009 Jan;82(973):35-40.
19. Hashimoto K, Arai Y, Iwai K, Araki M, Kawashima S, Terakado M. A comparison of a new limited cone beam computed tomography machine for dental use with a multi-detector row helical CT machine. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral.* 2003 Mar;95(3):371-7.
20. Pasler FA, Visser H. Tomografias computadorizadas com anatomia radiográfica. In: Pasler FA, Visser H. *Radiologia odontológica: Texto e atlas.* Porto Alegre: Artmed; 2006. p. 98-105.
21. Albani ML, Tavano O, Wassall T, Bonecker MJ, Cury PR, Joly JC. Planejamento cirúrgico dos implantes dentários: utilização da tomografia computadorizada como recurso diagnóstico. *RGO.* 2003 Out;51(4):260-4.
22. Choi SC, Ann CH, Choi HM, Heo MS, Lee SS. Accuracy of reformatted CT image for measuring the pre-implant site: Analysis of the image distortion related to the gantry angle change. *Dentomaxillofac Radiol.* 2002;31:273-7.
23. Howerton Jr. WB, Mora MA. Advancements in Diital Imaging: What Is New and on the Horizon? *J Am Dent Assoc.* 2008 Jun;139:20S-4S.
24. Lascala CA. Análise da confiabilidade de medidas lineares obtidas em imagens de tomografia computadorizadas por feixe cônico (CBCT-NEWTOM). Tese [Livre Docência em Odontologia] São Paulo: Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo; 2003.