



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS I  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
CURSO DE ODONTOLOGIA**

**ELIZABETH ALVES DE LIMA**

**USO DA *MICRO-CT* PARA AVALIAÇÃO DA REPARAÇÃO ALVEOLAR EM ANIMAIS: UMA REVISÃO DE LITERATURA**

**CAMPINA GRANDE  
2018**

**ELIZABETH ALVES DE LIMA**

**USO DA MICRO-CT PARA AVALIAÇÃO DA REPARAÇÃO ALVEOLAR EM ANIMAIS: UMA REVISÃO DE LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso em Odontologia da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de graduado em Odontologia.

Orientador: Prof. Dr. José Renato Cavalcante Queiroz

**CAMPINA GRANDE  
2018**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

L732u Lima, Elizabeth Alves de.  
Uso da micro-CT para avaliação da reparação alveolar em animais [manuscrito] : uma revisão de literatura / Elizabeth Alves de Lima. - 2018.  
31 p.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Odontologia) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, 2018.

"Orientação : Prof. Dr. José Renato Cavalcante Queiroz, Coordenação do Curso de Odontologia - CCBS."

1. Microtomografia por Raio-X. 2. Alvéolo Dental. 3. Cicatrização. I. Título

21. ed. CDD 617.632

ELIZABETH ALVES DE LIMA

USO DA MICRO-CT PARA AVALIAÇÃO DA REPARAÇÃO ALVEOLAR EM ANIMAIS: UMA REVISÃO DE LITERATURA

Trabalho de Conclusão de Curso em Odontologia da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de graduado em Odontologia.

Aprovada em: 14/06/2018.

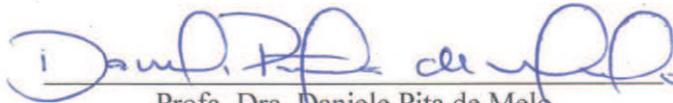
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. José Renato Cavalcante Queiroz (Orientador)  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. João Paulo Silva-Neto  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Profa. Dra. Daniele Pita de Melo  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB).

---

Ao meu avô, pelo apoio, confiança e amor, DEDICO.

## AGRADECIMENTOS

À Deus, primeiramente, por me conceder todas as oportunidades que me levaram a concretização do sonho de ser cirurgiã-dentista. Por me dar força, e saúde para superar toda adversidade durante minha trajetória até aqui.

À esta universidade e seu corpo docente, por oportunizarem a minha formação e garantirem experiências que ajudaram na construção do meus valores como profissional e pessoa.

Ao meu orientador **José Renato** por todo apoio e ensinamentos. Ao longo desse período de orientação, você foi não somente um professor do espaço universidade, mas também, um professor para vida. Obrigada por toda dedicação, compreensão e por sempre acreditar que eu era capaz.

Aos professores **João Paulo** e **Daniele Pita** por disponibilizarem seu tempo e seus conhecimentos para contribuir com a avaliação do meu trabalho.

Aos meus avós **Maria Dalva** e **Geraldo José**, por, mesmo sem saber ler ou escrever, reconhecerem o valor da educação na minha vida, me incentivarem a continuar acima de toda e qualquer dificuldade e não medirem esforços para me fazer chegar até aqui.

À minha Mãe **Gersilânia de Lima** por dar prioridade a minha educação, apesar das atribuições que enfrentamos. Todo o seu esforço para nos alfabetizar escrevendo nos tijolos do quintal resultaram na minha formação em um curso superior. À senhora, toda minha gratidão e amor. A minha irmã **Izabely de Lima** por abdicar dos seus sonhos para que eu pudesse entrar na universidade, e por trabalhar arduamente enquanto eu estudava, para garantir meu conforto e tranquilidade, não tenho palavras para expressar o quanto sou grata.

À toda a minha família, pelo apoio incomparável, em especial a minha tia **Lucilene Lima** por seus auxílios nos momentos de aflição e dificuldade.

À meu namorado **Edson Santana**, por toda a compreensão nos momentos em que troquei sua companhia pelos deveres acadêmicos e por me encorajar nos momentos mais difíceis e pesados.

À meu grande amigo **Herdesson Pereira**, por ser uma alma benevolente e me assistir em momentos em que ninguém mais podia, me guiar todos os dias pelos caminhos até a universidade e sempre se preocupar com meu bem-estar, posso dizer que a odontologia me presenteou com um irmão mais velho e ainda não existe maneira de agradecer tudo que você já fez por mim.

À minha grande amiga **Pâmela Medeiros**, obrigada por sempre estar do meu lado, e ter fé em mim mais do que eu mesma, por dividir comigo os momentos de tensão e alegria, por me aceitar em sua casa e torcer pela minha vitória como se fosse sua. Seu coração é enorme e sou abençoada por ter sua amizade, sei que ela ultrapassará os limites da graduação.

À **Tatyane Medeiros**, por privar-se de seu sono para permitir que Pâmela e eu, madrugássemos nos estudos.

À minha eterna dupla **Malena Queiroz**, obrigada por ser exemplo de determinação e fé, e compartilhar comigo as inseguranças, alegrias e surpresas do atendimento clínico. Você é mais um presente de Deus em minha vida.

À amiga **Lígia Natalia**, por ter os melhores conselhos e ser luz e inspiração de fé para mim. Fico lisonjeada em ser confundida com você pelos corredores, obrigada por estar sempre comigo. A **Ana Carolina**, por sua amizade e por sempre me considerar com afeto e ternura.

À **Tiago Ribeiro** e **Thaynná Barboza**, por adicionarem ao cotidiano acadêmico excentricidade e alegria. A **Anderson Paixão**, **Arlinso Feitosa** e **Davyd Dantas** por me propiciarem boas risadas sem deixar de garantir um ombro amigo quando necessário.

Aos amigos **Allahô Souto** e **Pablo Jardel** por sua sincera amizade e pelas vezes em que tornaram essa jornada mais leve, separando um tempo pra descontrair. Tenho muita consideração e admiração vocês.

À amiga **Lorena Simplicio** por sempre ter uma palavra de afeto nos momentos certos. Aos demais colegas de turma, por dividirem comigo todos os momentos de felicidade, tristeza, fracassos e conquistas. E por proporcionarem um ambiente acolhedor e amigo durante todos esses anos. Guardo cada um no coração.

Às amigas **Juciely, Márcia, Aline** e **Karina**, por oportunizarem meu crescimento profissional, e sempre estarem dispostas a ajudar. Jamais esquecerei todas as palavras de apoio e incentivo.

À todos que direta ou indiretamente colaboraram com a minha formação meu sincero obrigado.

“Neste mundo vocês terão aflições, contudo tenham ânimo. Eu venci o mundo.” (João 16:33)

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>09</b>
<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>12</b>
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>13</b>
<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>19</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>23</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>25</b>

# USO DA MICRO-CT PARA AVALIAÇÃO DA REPARAÇÃO ALVEOLAR EM ANIMAIS: UMA REVISÃO DE LITERATURA

Elizabeth Alves de Lima

## RESUMO

**Objetivo:** Esta revisão teve como objetivo avaliar, na literatura, as metodologias empregadas no uso da *micro-CT* para avaliar a reparação alveolar em animais. **Metodologia:** Foi realizada pesquisa no banco de dados PubMed utilizando os descritores “*micro-CT*” e “*Socket Healing*” para estudos com animais e publicados em revistas odontológicas. A partir da leitura da metodologia aplicada a cada estudo foram retiradas as informações a respeito dos parâmetros de aquisição, reconstrução e análise da imagem microtomográfica. **Resultados:** 29 estudos foram selecionados, considerando o uso da *micro-CT* para avaliar a reparação alveolar em animais. Na análise dos dados observou-se que o tamanho do voxel está diretamente ligado a resolução e detalhes da imagem. Os parâmetros de reconstrução podem interferir na presença de defeitos e na nitidez. Os planos de orientação e fatores relacionados a análise da imagem são responsáveis pela exatidão do tamanho real da área de interesse. **Conclusão:** Não existe um protocolo ou padrão definido a respeito da aplicação *micro-CT* na avaliação da reparação alveolar em animais. Ainda, as informações a respeito dos parâmetros de aquisição, reconstrução e análise são escassas ou não são claras.

**Palavras-chave:** Microtomografia por Raio-X; Animais; Alvéolo Dental.

## 1 INTRODUÇÃO

O osso é uma estrutura formada por tecido conjuntivo muito rígido, altamente especializado com alta capacidade de se remodelar em diversas condições, que podem ser patológicas, funcionais ou regenerativas. O conhecimento a respeito das alterações microestruturais ósseas tem grande relevância no campo das pesquisas odontológicas e biomédicas. (KIDO et al., 2014).

Várias técnicas diferentes podem ser utilizadas para mensuração da quantidade e qualidade do tecido ósseo, como por exemplo, procedimentos radiográficos, análises histológicas, morfométricas e reações imunohistoquímicas (PAVONE et al., 2015). Entretanto, essas técnicas apresentam algumas inconveniências, como, destruição das amostras teciduais, proporcionar somente uma avaliação linear ou bidimensional (2D), presença de artefatos, problemas para padronizar a inclusão das amostras em parafina e para estabelecer um padrão radiográfico entre as imagens. (BASILLAIS et al., 2007; SABINO,

2017). A microtomografia computadorizada tem sido utilizada para avaliação tridimensional (3D) dos tecidos duros, com o intuito de melhorar e complementar os resultados obtidos com os métodos tradicionais (RITMAN, 2011).

Os primeiros estudos para desenvolvimento da tomografia computadorizada (TC) foram realizados por Godfrey Newbold Hounsfield, feito que lhe garantiu o prêmio nobel no ano de 1979 juntamente com o físico Allan Macleod Comark. A partir de então, Godfrey deu início a uma sequência de gerações de tomógrafos e a evolução desses equipamentos resultou no surgimento da microtomografia computadorizada, também denominada de *micro-CT* (CARVALHO, 2007).

No início da década de 80, Jim Elliot concebeu e construiu o primeiro sistema de microtomografia de raios-X. Para obtenção das imagens microtomográficas ele utilizou um pequeno caramujo tropical, resultando em fatias com tamanho de pixel de cerca de 50 micrômetros (ELLIOTT; DOVER, 1982). A *micro-CT* consiste em um processo não destrutivo que utiliza a mesma técnica da tomografia hospitalar, porém em uma escala menor e com um enorme aumento da resolução. Esse sistema permite a análise de cortes internos do material em estudo, ou seja, são feitas várias seções transversais microtomográficas que proporcionam a visualização interna das amostras em três dimensões, além de nos fornecer quantificações automatizadas de área e/ou volume (AMARO JUNIOR; YAMASHITA, 2001; FERNANDES et al., 2012; FARIAS, 2017).

Os microtomógrafos, funcionam sob o mesmo princípio da equação de atenuação dos raios-X, no qual o objeto é posicionado entre uma fonte e um detector de raios X, em um sistema de rotação. As imagens obtidas resultam basicamente da propriedade que os materiais possuem de absorverem este tipo de radiação de forma diferenciada, em que a resposta que recebemos depende da composição química e densidade do material analisado (NACIMENTO-DIAS, 2017).

Em razão de sua vasta gama de recursos, a *micro-CT* tem sido usada em diferentes aplicações nas mais diversas áreas de pesquisa. Nas áreas de biologia e saúde vem sendo uma ferramenta importante por gerar imagens tridimensionais de microestruturas, na arqueologia e paleontologia, em investigações de achados e fósseis preservando sua integridade física, na geologia e petrofísica (JACQUES et al., 2014), na caracterização de rochas (MACHADO et al., 2014), principalmente para a indústria de óleo e gás, na medicina veterinária também, em análises quantitativas e qualitativas nos mais diversos animais (PAULUS et al, 2000).

Sua utilização, na odontologia, aplica-se a análise estrutural de ossos, dentes, cerâmicas e polímeros em resolução mais alta que a tomografia computadorizada convencional. A

tecnologia vem sendo empregada extensivamente para avaliar estruturas ósseas em modelos humanos e animais de estados de saúde e doença, incluindo malformações craniofaciais. De maneira geral, a *micro-CT* possibilita obter dados qualitativos e quantitativos em diversas áreas de modo a transmitir informações relevantes sobre a forma, tamanho, distribuição, volume, área e conectividade dos poros em microescala por modelos 3D (SWAIN; XUE, 2009; KALATZIS-SOUSA et al., 2017).

Em razão do uso crescente da *micro-CT* atualmente, há no mercado diferentes marcas e modelos de microtomógrafos, e conseqüentemente diferentes softwares para escaneamento, reconstrução e aquisição das imagens, bem como para sua análise e interpretação dos resultados obtidos. Sendo assim, tem sido um grande desafio determinar os corretos padrões para escaneamento e tratamento das imagens, dificultando a obtenção do máximo desempenho do equipamento e impossibilitando a comparação dos achados entre diferentes estudos (KALATZIS-SOUSA et al., 2017).

Dadas tais características da *micro-CT*, são vários os aspectos a serem observados para sua execução correta e a obtenção de imagens com resolução ótima, entre eles estão, quilovoltagem, corrente, redução de artefatos em anel, plano de orientação e entre outros. A utilização para análise in vivo tem sido ampla inclusive para o estudo de reparo tecidual tendo em vista também que este exame é capaz de diferenciar os tecidos mais distintos (KALATZIS-SOUSA et al., 2017). Com base nisso o objetivo deste estudo foi analisar o uso da *micro-CT* para caracterização da reparação alveolar em animais.

## 2 METODOLOGIA

Foi realizada pesquisa eletrônica no banco de dados PubMed, para estudos sobre reparação alveolar em animais, sendo incluídos aqueles que foram publicados em revistas odontológicas nos últimos 10 anos. A busca limitou-se a pesquisas que resultaram da combinação das palavras chave “*micro-CT*” e “*socket healing*”, obtendo-se 35 estudos, dos quais três não possuíam texto completo disponível através do PubMed inviabilizando sua utilização nesta revisão, dois estudos, se tratavam de utilização de materiais de origem animal, porém testados em humanos, duas publicações não utilizavam a *micro-CT* e sim tomografia computadorizada para avaliação de suas amostras, o que resultou em sua exclusão da revisão também, restando assim um total de 28 citações que foram classificados de acordo com os critérios:

- a) Quantidade e espécie dos animais;
- b) Parâmetros para aquisição de imagens (tamanho do voxel, quilovoltagem, corrente, espessura e tipo do filtro, rotação, passo de rotação, tempo de exposição e tempo de varredura);
- c) Parâmetros utilizados para a reconstrução de imagens (suavização, redução de artefatos em anel, correção do endurecimento de feixes e definição de conjuntos de dados em escala de cinzas);
- d) Parâmetros utilizados para análise de reparação alveolar (plano de orientação, plano utilizado para medição, definição de ROI – região de interesse –, limiar para a visualização do tecido ósseo).

### 3 RESULTADOS

Inicialmente o critério de inclusão abrangeu os artigos que utilizassem a *micro-CT* para avaliar a reparação alveolar em animais, esta estratégia de busca resultou em 35 publicações no PubMed. Entretanto, três destas, não disponibilizavam texto completo para leitura, o que impediria a coleta de informações a respeito da metodologia empregada para realização da *micro-CT*, portanto foram excluídos da revisão. Outros dois estudos, referiam-se a utilização de materiais de origem animal, porém testados em humanos, uma publicação não utilizava a *micro-CT* e sim tomografia computadorizada para avaliação de suas amostras, e uma única tratava-se de uma revisão de literatura sem aplicação clínica ou laboratorial da *micro-CT*, o que resultou em sua exclusão da revisão também, restando assim um total de 28 citações que preenchiam os critérios de inclusão. As propriedades da amostra nos estudos selecionados são destacadas na Tabela 1. A Tabela 2 sintetiza as características referentes aos artigos excluídos desta revisão.

**Tabela 1.** Resumo das características das amostras dos estudos selecionados.

Estudo	Animal	Sexo	Idade (semanas)	Quantidade
Oh; Kim, 2017	Rato	F	10	20
Yamasaki et al., 2017	Rato	M	10	40
Zhou et al., 2017	Rato	M	8	48
Lim et al., 2017	Rato	F	8	60
Kim et al., 2017	Cão	sd	104	6
Jabbour et al., 2016	Rato	F	26	14
Alikhani et al., 2016	Rato	M	17	85
Kim et al., 2015	Cão	M	104	10
Jin et al., 2015	Rato	M	7	65
Shi et al., 2015	Cão	sd	78	6
Xu; Sun; Chen, 2015	Rato	M	8	25
Yun et al., 2014	Cão/Coelho	sd	26	6/12
Melsen et al., 2014	Cão	M	104	4
Osorio et al., 2014	Coelho	M	17	8
Fang et al., 2014	Cão	M	78	3
Kumasaka et al., 2015	Rato	M	4	14
Ahn et al., 2014	Cão	M	104	12
Dahlin et al., 2015	Porco	sd	sd	16
Hasturk et al., 2014	Porco	M	104	3
Furfaro et al., 2014	Rato	M	4	12
Kuroshima et al., 2014	Rato	sd	5	30
Kuroshima et al., 2013	Rato	sd	6	8
Allen; Chu; Ruggiero, 2013	Cão	F	104	20
Verket et al., 2014	Porco	F	104	3
Marino et al., 2012	Rato	sd	33	34
Bayounis et al., 2011	Cão	sd	104	10
Hsu et al., 2012	Cão	F	35	6
Jee et al., 2010	Rato	sd	sd	20

F, fêmea; M, macho; sd, sem dado.

**Tabela 2.** Resumo das características dos estudos excluídos.

<b>Autores</b>	<b>Título</b>	<b>Revista</b>	<b>Fator de exclusão</b>
<b>Kivovics et al., 2017</b>	Microarchitectural study of the augmented bone following ridge preservation with a porcine xenograft and a collagen membrane: preliminary report of a prospective clinical, histological and micro-computed tomography analysis	International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery	Amostra composta de seres humanos
<b>Al-Hamoudi et al., 2015</b>	Ridge preservation surgery after single and multiple adjacent tooth extractions: a microcomputed tomography study in dogs.	The international Journal of oral maxillofacial implants	Artigo completo indisponível
<b>Villanueva-Alcojol et al., 2013</b>	Characteristics of Newly Formed Bone in Sockets Augmented With Cancellous Porous Bovine Bone and a Resorbable Membrane: Microcomputed Tomography, Histologic, and Resonance Frequency Analysis	Implant dentistry	Amostra composta de seres humanos
<b>Miyata et al., 2011</b>	An experimental study of bone grafting using rat milled tooth.	The international Journal of oral maxillofacial implants	Artigo completo indisponível
<b>Hasturk et al., 2011</b>	The Use of Light/Chemically Hardened Polymethylmethacrylate, Polyhydroxyethylmethacrylate, and Calcium Hydroxide Graft Material in Combination With Polyanhydride Around Implants in Minipigs: Part I: Immediate Stability and Function	Journal of Periodontology	Sem uso de micro-CT
<b>Allen et al., 2011</b>	The effects of bisphosphonates on jaw bone remodeling, tissue properties, and extraction healing	Odontology	Revisão de literatura
<b>Cattaneo; Dalstra; Mendes, 2007</b>	Analysis of stress and strain around orthodontically loaded implants: an animal study	The international Journal of oral maxillofacial implants	Artigo completo indisponível

Quanto aos parâmetros de aquisição da imagem 19 estudos especificaram o tamanho do voxel que variou de 2,7 a 50  $\mu\text{m}$  (JEE; LEE; LEE, 2010; BAYOUNIS et al., 2011; VERKET et al., 2014; KUROSHIMA et al., 2013; KUROSHIMA et al., 2014; FURFARO et al., 2014; AHN et al., 2014; FANG et al., 2014; OSORIO et al., 2014; MELSEN et al., 2014; YUN et al., 2014; SHI et al., 2015; JIN et al., 2015; KIM et al., 2015; JABBOUR et al., 2016; KIM et al., 2017; LIM et al., 2017; YAMASAKI et al., 2017). 16 estudos citaram a voltagem

utilizada (JEE; LEE; LEE, 2010; BAYOUNIS et al., 2011; VERKET et al., 2014; AHN et al., 2014; KUMASAKA et al., 2015; FANG et al., 2014; OSORIO et al., 2014; YUN et al., 2014; SHI et al., 2015; KIM et al., 2015; JABBOUR et al., 2016; KIM et al., 2017; YAMASAKI et al., 2017). Três dos 14 estudos, que relataram a corrente, fizeram-no usando a unidade mili-amperagem (mA) ao invés de micro-amperagem ( $\mu$ A), que é a unidade de medida comumente utilizada. (KUMASAKA et al., 2015; KIM et al., 2015; JABBOUR et al., 2016;). Cinco publicações mencionam a utilização de filtro, que para todos os casos foi o alumínio, entretanto somente três deles informam a espessura do filtro (YUN et al., 2014; XU; SUN; CHEN, 2015; JABBOUR et al., 2016; KIM et al., 2017; LIM et al., 2017; YAMASAKI et al., 2017).

Quatro estudos relataram dados sobre a rotação utilizada e três o passo de rotação (YUN et al., 2014; VERKET et al., 2014; OSORIO et al., 2014; KIM et al., 2017; YAMASAKI et al., 2017). Não mais que três publicações especificaram o tempo de exposição ao qual submeteram suas amostras (YUN et al., 2014; SHI et al., 2015; JABBOUR et al., 2016;). Foram encontradas referências aos parâmetros utilizados para reconstrução das imagens apenas em oito artigos, sendo as configurações da escala de cinza o aspecto mais mencionado, num total de cinco estudos (VERKET et al., 2014; HASTURK et al., 2014; JIN et al., 2015; LIM et al., 2017; OH; KIM, 2017).

Seis estudos mencionaram o plano de medida utilizado, três deles o coronal, dois o sagital e um o axial (FURFARO et al., 2014; OSORIO et al., 2014; MELSEN et al., 2014; YUN et al., 2014; XU; SUN; CHEN, 2015; JABBOUR et al., 2016). A ROI foi mencionada em 23 artigos, porém apenas oito deles informavam algum método de delineamento desse parâmetro, quatro relataram o uso de uma forma “anelar” para delimitar a área de reparação (BAYOUNIS et al., 2011; OSORIO et al., 2014; YUN et al., 2014; LIM et al., 2017), dois utilizaram um “algoritmo de contorno semiautomático” sem explicar o termo (KUROSHIMA et al., 2013; KUROSHIMA et al., 2014), um referiu o uso de “Ferramenta de contorno” (OSORIO et al., 2014) e outro de “seleção automática” (JABBOUR et al., 2016) ambos sem maiores descrições do processo.

Somente dois estudos citaram o uso de limiar (HASTURK et al., 2014; YAMASAKI et al., 2017), porém de maneira superficial e sem definir valores para tal. As tabelas 3,4 e 5 mostram as informações sobre os parâmetros de aquisição e análise das imagens nos estudos selecionados.

**Tabela 3.** Resumo dos protocolos para aquisição de imagem utilizados pelos estudos selecionados.

<b>Estudo</b>	<b>Voxel (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>Tensão (kV)</b>	<b>Corrente (<math>\mu\text{A}/\text{mA}</math>)</b>	<b>Filtro</b>	<b>Espessura do filtro (mm)</b>
<b>Oh; Kim, 2017</b>	sd	sd	sd	sd	sd
<b>Yamasaki et al., 2017</b>	9.4	50	800	Al	0,5
<b>Zhou et al., 2017</b>	sd	sd	sd	sd	sd
<b>Lim et al., 2017</b>	9	sd	sd	Al	sd
<b>Kim et al., 2017</b>	2.7	92	120	Al	sd
<b>Jabbour et al, 2016</b>	8.9	59	167	Al	0,5
<b>Alikhani et al., 2016</b>	sd	sd	sd	sd	sd
<b>Kim et al., 2015</b>	44.7	130	30	sd	sd
<b>Jin et al., 2015</b>	24	100	sd	sd	sd
<b>Shi et al., 2015</b>	30	80	115	sd	sd
<b>Xu; Sun; Chen, 2015</b>	sd	sd	sd	Al	sd
<b>Yun et al., 2014</b>	10.6	130	30	Al	1
<b>Melsen et al., 2014</b>	36	sd	sd	sd	sd
<b>Osorio et al., 2014</b>	9.9	100	100	sd	sd
<b>Fang et al., 2014</b>	18	170	114	sd	sd
<b>Kumasaka et al., 2015</b>	sd	50	0,5	sd	sd
<b>Ahn et al., 2014</b>	44.7	130	30	sd	sd
<b>Dahlin et al., 2015</b>	sd	sd	sd	sd	sd
<b>Hasturk et al., 2014</b>	sd	sd	sd	sd	sd
<b>Furfaro et al., 2014</b>	9	sd	sd	sd	sd
<b>Kuroshima et al., 2014</b>	10	70	sd	sd	sd
<b>Kuroshima et al., 2013</b>	18	80	sd	sd	sd
<b>Allen; Chu; Ruggiero, 2013</b>	sd	sd	sd	sd	sd
<b>Verket et al., 2014</b>	17.9	100	100	sd	sd
<b>Marino et al., 2012</b>	sd	sd	sd	sd	sd
<b>Bayounis et al., 2011</b>	37.5	101	96	Al	1
<b>Hsu et al., 2012</b>	sd	Sd	sd	sd	sd
<b>Jee; Lee; Lee, 2010</b>	50	50	65	sd	sd

$\mu\text{m}$ , micrometro; kV, quilovoltagem;  $\mu\text{A}$ , micro-amperagem; mA, mili-amperagem; Al, alumínio; sd, sem dado.

**Tabela 4.** Resumo dos protocolos para aquisição de imagem utilizados pelos estudos selecionados.

<b>Estudo</b>	<b>Rotação</b>	<b>Passo de Rotação</b>	<b>Tempo de Varredura (min)</b>	<b>Tempo de Exposição (ms)</b>
Oh; Kim, 2017	sd	sd	sd	sd
Yamasaki et al., 2017	180°	0,45°	sd	sd
Zhou et al., 2017	sd	sd	sd	sd
Lim et al., 2017	sd	sd	sd	sd
Kim et al., 2017	240°	sd	sd	sd
Jabbour et al, 2016	sd	sd	sd	550
Alikhani et al., 2016	sd	sd	sd	sd
Kim et al., 2015	sd	sd	sd	sd
Jin et al., 2015	sd	sd	sd	sd
Shi et al., 2015	sd	sd	sd	200
Xu; Sun; Chen, 2015	sd	sd	sd	sd
Yun et al., 2014	sd	0.2°	sd	250
Melsen et al., 2014	sd	sd	sd	sd
Osorio et al., 2014	0°	sd	sd	sd
Fang et al., 2014	sd	sd	360	sd
Kumasaka et al., 2015	sd	sd	5.8	sd
Ahn et al., 2014	sd	sd	sd	sd
Dahlin et al., 2015	sd	sd	sd	sd
Hasturk et al., 2014	sd	sd	21	sd
Furfaro et al., 2014	sd	sd	sd	sd
Kuroshima et al., 2014	sd	sd	sd	sd
Kuroshima et al., 2013	sd	sd	sd	sd
Allen; Chu; Ruggiero, 2013	sd	sd	sd	sd
Verket et al., 2014	360°	0.4°	sd	sd
Marino et al., 2012	sd	sd	sd	sd
Bayounis et al., 2011	sd	sd	sd	sd
Hsu et al., 2012	sd	sd	sd	sd
Jee; Lee; Lee, 2010	sd	sd	6.6	sd

ms. Mili-segundo; sd, sem dado.

**Tabela 5.** Resumo dos parâmetros de análise da imagem mircrotomográfica utilizados nos estudos selecionados.

<b>Estudo</b>	<b>Plano de medida</b>	<b>ROI</b>	<b>Definição de Limiar</b>
<b>Oh; Kim, 2017</b>	sd	sd	sd
<b>Yamasaki et al., 2017</b>	sd	sd	LG
<b>Zhou et al., 2017</b>	sd	sd	sd
<b>Lim et al., 2017</b>	sd	circular	sd
<b>Kim et al., 2017</b>	sd	sd	sd
<b>Jabbour et al, 2016</b>	sd	A	sd
<b>Alikhani et al., 2016</b>	Coronal	sd	sd
<b>Kim et al., 2015</b>	sd	sd	sd
<b>Jin et al., 2015</b>	sd	sd	sd
<b>Shi et al., 2015</b>	sd	sd	sd
<b>Xu; Sun; Chen, 2015</b>	Coronal	sd	sd
<b>Yun et al., 2014</b>	sd	sd	sd
<b>Melsen et al., 2014</b>	Frontal/Sagital	circular	sd
<b>Osorio et al., 2014</b>	Coronal	FC	sd
<b>Fang et al., 2014</b>	sd	circular	sd
<b>Kumasaka et al., 2015</b>	sd	sd	sd
<b>Ahn et al., 2014</b>	sd	sd	sd
<b>Dahlin et al., 2015</b>	sd	sd	sd
<b>Hasturk et al., 2014</b>	sd	sd	LG
<b>Furfaro et al., 2014</b>	Sagital	sd	sd
<b>Kuroshima et al., 2014</b>	sd	SA	sd
<b>Kuroshima et al., 2013</b>	sd	SA	sd
<b>Allen; Chu; Ruggiero, 2013</b>	sd	sd	sd
<b>Verket et al., 2014</b>	sd	sd	sd
<b>Marino et al., 2012</b>	sd	sd	sd
<b>Bayounis et al., 2011</b>	sd	circular	sd
<b>Hsu et al., 2012</b>	sd	sd	sd
<b>Jee et al., 2010</b>	sd	sd	sd

SA, semiautomático; A, automático; FC, ferramenta de contorno; LG, limite global; sd, sem dado.

## 4 DISCUSSÃO

Para obtenção de boas imagens nos mais diferentes tipos de amostra é necessário conhecimento acerca dos parâmetros usados nos vários estágios de aquisição, reconstrução e análise da imagem *micro-CT*, tendo em vista que eles podem influenciar diretamente as características finais da imagem e o resultado das análises. Na maioria dos estudos, que utilizaram a *micro-CT* para avaliar a reparação alveolar em animais, as informações a respeito desses parâmetros são insuficientes e parecem ter sido determinadas sem seguir nenhum padrão pré-existente. Apesar de ter semelhanças com a tomografia computadorizada (TC), algumas dessas especificações são exclusivas da *micro-CT*, como por exemplo, definição de ROI e o limiar para tecido ósseo (KALATZIS-SOUSA, et al., 2017).

Mais da metade dos estudos analisados apresentaram informação de algum dado com relação aos parâmetros de aquisição da imagem. O tamanho do voxel, a quilovoltagem e a corrente foram os mais citados. O voxel é definido por sua altura, largura e espessura, e corresponde ao menor elemento de imagem, geralmente, são isotrópicos, ou seja, as três dimensões apresentam o mesmo valor. A resolução e detalhes de uma imagem são diretamente proporcionais ao tamanho do voxel, quanto menor o tamanho do voxel melhor a resolução (MELO, 2013). Kalatzis-Souza et al. (2017) avaliou em seu estudo, onde submeteu ao microtomógrafo hemi-mandíbulas de camundongos em vários tamanhos de voxel diferentes, que os tamanhos de voxel de 9 e 18  $\mu\text{m}$  levam a uma melhor resolução e nitidez das imagens do que um tamanho de voxel de 35  $\mu\text{m}$ . Entretanto, quanto menor o voxel, maior o tempo de varredura e conseqüentemente maior tempo para reconstrução da imagem também (OZER, 2011; VAZ et al., 2013).

Os critérios empregados para obtenção de dados na amostra podem intervir incisivamente na geração ou eliminação de artefatos. O tamanho e a densidade da amostra são os principais responsáveis pela escolha da tensão e corrente adequadas. A tensão ou quilovoltagem (kV) regula a intensidade que os raios-X atravessam o objeto, seu valor é equivalente a penetração de feixe de raios-X na amostra. O valor de kV corresponde ao grau de contraste da imagem que é a diferença de densidades nas estruturas presentes na radiografia. Quanto maior a diferença de densidades, maior o contraste. A função deste elemento é evidenciar os detalhes anatômicos de uma tomografia e também diferenciar os tons de cinza na imagem, quanto mais penetrante for o feixe de raios-x, menor será esta diferença e assim menor o contraste (LUDLOW et al., 2006; PALOMO; HANS, 2008; REIS-NETO et al., 2011).

A corrente, dada em  $\mu\text{A}$ , determina a quantidade de radiação difundida durante o processo de *micro-CT* e conseqüentemente o grau de enegrecimento da tomografia. Quanto maior o  $\mu\text{A}$  maior será o grau de enegrecimento da imagem tomográfica. Quando este aspecto tem um valor baixo, é preciso modificar o  $\mu\text{A}$  para não comprometer a qualidade da imagem tomográfica e permitir um diagnóstico assertivo (REIS-NETO et al., 2011). Altos valores de corrente aumentam a radiação que o animal recebe podendo causar comprometimento sistêmico do mesmo, além de influenciar na qualidade da tomografia. Um número considerável de estudos não disponibilizou essa informação em sua metodologia, o que pode comprometer a reprodução da mesma por outros autores.

Metais, como alumínio, são utilizados para filtrar raios-X com finalidade de diminuir o efeito chamado “endurecimento de feixe”, que ocorre quando camadas superficiais de amostras densas atuam como um filtro de raios-X para o material do interior da amostra, ou seja, toda a radiação de baixa energia é absorvida pela camada superficial, e os raios-X de alta energia restantes atravessam a amostra sem que sejam consideravelmente absorvidos. Problemas na reconstrução da imagem são causados por esse fenômeno, deixando o interior menos denso que a superfície. Para evitar esta falha, são utilizados filtros metálicos, posicionados em frente à câmera que impedem a passagem da radiação de baixa energia, possibilitando que apenas os raios de energia atinjam a amostra, e sejam absorvidos mais uniformemente. Entretanto, a quantidade de fótons que chegam ao detector é moderada pela presença do filtro, sendo necessário um tempo maior de exposição e conseqüentemente de duração do processo e aquisição das imagens. Os filtros podem ser de “alumínio”, “cobre” ou “alumínio + cobre”, dependendo da amostra a ser analisada (LASSO; VAZ; NAIME, 2008; KALATZIS-SOUSA, et al. 2017).

Em relação à *micro-CT*, não há relatos dos parâmetros de rotação e passo de rotação na literatura ou de como eles podem influenciar o resultado final. Na tomografia comum, a rotação pode ser de dois tipos: completa ( $360^\circ$ ) e incompleta ( $180^\circ$ ), sendo que a primeira leva a uma maior resolução da imagem, por proporcionar maior número de cortes, entretanto o tempo de exposição e a dose de radiação também são aumentados. Em comparação, a rotação incompleta pode reduzir a carga de radiação, sem muito comprometer a qualidade da imagem. Todavia, não é correto aplicar esses parâmetros a *micro-CT*, tendo em vista que nesse sistema a amostra é girada enquanto a fonte de raios-X é estática. Os demais critérios de parâmetro de aquisição da imagem não foram relatados na literatura quanto a sua influência na reprodução microtomográfica. Neste estudo foram encontrados valores diversos para voxel, kV, e corrente, sendo estes os dados mais presentes nas publicações analisadas, o

tempo de exposição e varredura foi encontrado em poucos artigos, assim também como dados sobre a utilização de filtros, rotação e passo de rotação (SHULZE, et al, 2011; KALATZIS-SOUSA, et al. 2017).

Para reconstrução da imagem existem fatores que precisam ser observados como suavização, redução de artefatos em anel, correção do endurecimento de feixe e definição de conjuntos de dados em escala de cinza. A suavização é uma ferramenta empregada para manter a clareza das bordas da imagem, apesar da sua aplicação, sua utilização foi raramente relatada nos estudos que integraram esta revisão. O efeito “artefatos em anel”, corresponde a imagens circulares, claras ou escuras que condizem com a trajetória do feixe de raio-X, formando anéis concêntricos em torno do eixo de rotação, são causados por defeitos na calibração do aparelho e mais facilmente observados em cortes axiais em razão da orientação dos feixes de raio-X (BARRET; KEAT, 2004). O endurecimento de feixe se origina quando as amostras de alta densidade acabam por bloquear a radiação, resultando numa imagem como risco ou zona escura e está diretamente relacionada à quantidade de fótons emitida e a detecção dos feixes, essa quantidade pode ser afetada pela presença de filtro (MACHADO et al., 2015). A definição do conjunto de dados em escala de cinza é responsável pelo contraste da imagem e diferenciação dos tons de cinza para formação da imagem. As informações a respeito destes parâmetros são de grande importância considerando que os mesmos podem influenciar na qualidade da *micro-CT*, e conseqüentemente na avaliação e medida das estruturas. Nesta revisão os dados relacionados a estes fatores foram escassos dificultando a reprodução das metodologias empregadas (KALATZIS-SOUSA, et al. 2017).

No que se refere aos critérios para análise da reparação alveolar, a ROI foi o aspecto mais citado. Os valores de ROI e limiar são selecionados para medir o volume da região cicatrizada. Para se definir a ROI, comumente utilizam-se formas pré-definidas como retângulos, quadrados, círculos e etc., alguns artigos examinados neste estudo, se referiram a ROI de forma “anelar”, ou seja, circular, especificando inclusive os diâmetros em milímetros. Contudo esta forma de delineamento pode comprometer o real tamanho do alvéolo em reparação, considerando que outras estruturas anatômicas podem estar incluídas na seleção (KALATZIS-SOUSA, et al. 2017). O desenho da ROI também pode ser feito manualmente, o que provavelmente, oferece uma maior precisão do tamanho da área de interesse. Os planos de orientação utilizados para reconstrução das imagens, também são de fundamental importância, visto que, com base no plano de orientação escolhido pode haver distorções no tamanho real da região a ser estudada, dos dados obtidos a partir desta revisão o plano de orientação coronal foi o mais utilizado (SPIN-NETO et al., 2011).

Com relação ao limiar para a visualização do tecido ósseo, que é a conversão dos dados da imagem microtomográfica em uma imagem binária, onde são mostrados os tons de cinza do que representa ou não um tecido mineralizado, este tipo de ferramenta é muito útil para observação dos limites de estruturas mineralizadas com densidades diferentes, como esmalte, dentina e osso, por exemplo (GRAUER; CEVIDANES; PROFFIT, 2009). Apenas dois estudos entre todos considerados nesta revisão, mencionaram o uso de limiar para análise da reparação alveolar, ainda assim de forma bastante breve, sem muitas explicações a respeito. Nenhuma das publicações incluídas nesta revisão atendeu a todos os requisitos dos parâmetros de aquisição reconstrução e análise da imagem, apresentando poucas informações relacionadas a metodologia aplicada a *micro-CT*. Ao utilizarem este processo, artigos futuros, devem incluir maiores informações acerca dos parâmetros utilizados para obtenção das imagens e avaliação da reparação alveolar em animais.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É evidente a falta de um protocolo definido para aquisição e análise de imagens de micro-TC, dentre os estudos avaliados, para avaliação da reparação alveolar em animais. A descrição dos parâmetros de aquisição, reconstrução e análise é escassa e citada de forma superficial, além disso, a metodologia de aplicação da *micro-CT* parece ter sido definida quase que arbitrariamente, o que pode afetar de maneira negativa a reprodutibilidade e o impacto científico dos estudos.

## ABSTRACT

### USE OF MICRO-CT TO EVALUATE ALVEOLAR HEALING IN ANIMALS: A LITERATURE REVIEW

**Aim:** This review aimed to evaluate micro-CT applied methodologies used to evaluate socket healing in animals in the literature. **Methods:** The search was performed in the PubMed database using the descriptors "micro-CT" and "Socket Healing" for animal studies and published in dental journals. Data regarding parameters used to acquisition, reconstruction and microtomographic image analysis were taken. **Results:** 29 studies were selected, considering the use of micro-CT to evaluate socket healing in animals. In the analysis of the data it was observed that the voxel size was related to the resolution and details of the image. Reconstruction parameters interfered with the presence of defects and sharpness. Guidance plans and factors related to image analysis were responsible for the accuracy on the spot size of the focused area. **Conclusion:** There is no definite or standard protocol used to micro-CT application to evaluate socket healing in animals. In addition, data regarding the parameters of acquisition, reconstruction and micro-CT analysis are scarce or unclear.

**Keywords:** X-Ray micro-CT; Animals; Socket

## 6 REFERÊNCIAS

AHN, H. W. et al. Time of force application affects the rate of tooth movement into surgical alveolar defects with grafts in beagles. **Am J Orthod Dentofacial Orthop.** v. 145, n. 4, p. 486-495, 2014.

AL-HAMOUD, N. et al. Ridge preservation surgery after single and multiple adjacent tooth extractions: a microcomputed tomography study in dogs. **Int J Oral Maxillofac Implants.** v. 30, n. 2, p. 315-20, 2015.

ALLEN, M. R. The effects of bisphosphonates on jaw bone remodeling, tissue properties, and extraction healing. **Odontology.** v. 99, n. 1, p. 8-17, 2011.

ALLEN, M. R.; CHU, T. M.; RUGGIERO, S. L. Absence of exposed bone following dental extraction in beagle dogs treated with 9 months of high-dose zoledronic acid combined with dexamethasone. **J Oral Maxillofac Surg.** v. 71, n. 6, p. 1017-1026, 2013

ALIKHANI, M. et al. High-Frequency Acceleration: Therapeutic Tool to Preserve Bone following Tooth Extractions. **J. Dent. Researc.** v. 95, n. 3, p. 311-318, 2016.

AMARO JUNIOR, E.; YAMASHITA, H. Aspectos básicos de tomografia computadorizada e ressonância magnética. **Rev. Bras. Psiquiatr.** v. 23, supl. 1, p. 2-3, 2001.

BARRETT, J. F.; KEAT N. Artifacts in CT: recognition and avoidance. **Radiographics.** v. 24, n. 6, p. 1679-1691, 2004

BASILLAIS, A. et al. Three-dimensional characterization of cortical bone microstructure by microcomputed tomography: validation with ultrasonic and microscopic measurements. **J Orthop Sci.** n. 12, p. 141-148, 2007.

BAYONIS, A. M. et al. Healing of peri-implant tissues after flapless and flapped implant installation. **J Clin Periodontol.** v. 38, n. 8, p. 754-61, 2011.

CARVALHO, A. C. P. História da Tomografia Computadorizada. **Rev. Imagem.** v. 29, n. 2, p. 61-66, 2007.

CATTANEO, P. M.; DALSTRA, M.; MELSEN, B. Analysis of stress and strain around orthodontically loaded implants: an animal study. **Int J Oral Maxillofac Implants.** v. 22, n. 2, p. 213-25, 2007.

DAHLIN, C. et al. Bone tissue modelling and remodelling following guided bone regeneration in combination with biphasic calcium phosphate materials presenting different microporosity. **Clin. Oral Impl. Res.** v. 26, n. 7, p. 814–822, 2015.

ELLIOT, J. C.; DOVER, S. D. X-ray microtomography. **J Microscopy.** v. 126, n. 2, p. 211-213, 1982.

FANG, L. et al. Chronological changes in the microstructure of the bone during peri-implant healing: a microcomputed tomographic evaluation. **Br J Oral Maxillofac Surg.** v. 52, n. 9, p. 816-821, 2014.

FARIAS, P. R. D. Processamento de imagens de micro-ct na caracterização de biofilme bacteriano. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Nuclear) – Programa de Engenharia Nuclear, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

FERNANDES, J. S. et al. Determination of the Representative Elementary Volume for the study of sandstones and siltstones by X-Ray microtomography. **Mat. Res.**, v. 15, n. 4, p.662-670, 2012.

FURFARO, F. et al. A histological and micro-CT investigation in to the effect pf NGF and EGF in the periodontal, alveolar bone, root and pulpal healing of replanted molars in a rat model: a pilot study. **Prog Orthod.** v. 15, n. 2, 2014.

GRAUER, D.; CEVIDANES, L. S. H.; PROFFIT, W. R. Working with DICOM craniofacial images. **Am J Orthod Dentofacial Orthop.** v. 136, n. 3, p. 460-470, 2009

HASTURK, H. et al. The use of light/chemically hardened polymethylmethacrylate, polyhydroxyethylmethacrylate, and calcium hydroxide graft material in combination with polyanhydride around implants in minipigs: part I: immediate stability and function. **J Periodontol.** v. 82, n. 9, p.1339-1352, 2011.

HASTURK, H. et al. The Use of Light/Chemically Hardened Polymethylmethacrylate, Polyhydroxyethylmethacrylate, and Calcium Hydroxide Graft Material in Combination With Polyanhydride Around Implants and Extraction Sockets in Minipigs: Part II: Histologic and Micro-CT Evaluations. **J Periodontol.** v. 85, n. 9, p. 1230-1239, 2014.

HSU, K. M. et al. Ridge alterations following immediate implant placement and the treatment of bone defects with Bio-Oss in an animal model. **Clin Implant Dent Relat Res.** v. 14, n. 5, p. 690-695, 2012.

JABBOUR, Z. et al. Bacterial profile and bone healing in rats receiving cancer therapeutic doses of bisphosphonates and corticosteroids: a pilot study. **Int. J. Oral. Maxillofac. Surg.** v. 45, n. 9, p. 1162-1169, 2016.

JEE, J. H.; LEE, W.; LEE, B. D. The influence of alendronate on the healing of extraction sockets of ovariectomized rats assessed by in vivo micro-computed tomography. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.** v. 110, n. 2, p. 47-53, 2010.

JIM, I. G. et al. Effect of bone marrow-derived stem cells and bone morphogenetic protein-2 on treatment of osteoradionecrosis in a rat model. **J Craniomaxillofac Surg.** v. 43, n. 8, p. 1478- 1486, 2015.

KALATZIS-SOUSA, N. G. et al. Use of micro-computed tomography for the assessment of periapical lesions in small rodents: a systematic review. **Inter. Endo. J.** v. 50, p. 352–366, 2017.

KIDO, H. W. et al. Evaluation of the bone healing process in an experimental tibial bone defect model in ovariectomized rats. **Aging Clin Exp Res.** v. 26, n. 5, p. 473-481, 2014.

KIM, K. A. et al. Effect of low-level laser therapy on orthodontic tooth movement into bone-grafted alveolar defects. **Am J Orthod Dentofacial Orthop.** v. 148, n. 4, p. 608-617, 2015.

KIM, J. J. et al. Ridge preservation of extraction sockets with chronic pathology using Bio-Oss Collagen with or without collagen membrane: an experimental study in dogs. **Clin. Oral Implants. Res.** v. 28, n. 6, p. 727–733, 2017.

KIKOVICS, M. et al. Microarchitectural study of the augmented bone following ridge preservation with a porcine xenograft and a collagen membrane: preliminary report of a prospective clinical, histological and micro-computed tomography analysis. **Int. J. Oral. Maxillofac. Surg.** v. 46 ,n. 2, p. 250-260, 2017.

KUMASAKA, A. et al. Insulin-Like Growth Factor I Inhibits Alveolar Bone Loss Following Tooth Extraction in Rats. **Clin Implant Dent Relat Res.** v. 17, n. 6, p. 1174-1179, 2015.

KUROSHIMA, S. et al. Distinctive Tooth-Extraction Socket Healing: Bisphosphonate Versus Parathyroid Hormone Therapy. **J Periodontol.** v. 85, n. 1, p. 24-33, 2014.

KUROSHIMA, S. et al. Intra-oral PTH Administration Promotes Tooth Extraction Socket Healing. **J Dent Res.** v. 92, n 6, p. 553-559, 2013.

LASSO, P. R. O; VAZ C. M. P; NAIME, J. M. Recomendações para utilização do microtomógrafo de raios-X Sky Scan 1172 em ciências agrárias e biológicas. -- São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2008.

LIM, S. S. et al. Differential modulation of Zoledronate and Etidronate in osseous healing of an extracted socket and tibia defect. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.** v. 123, n. 1, p. 8-19, 2017.

LUDLOW, J. B. et al. Dosimetry of 3 CBCT devices for oral and maxillofacial radiology: CB Mercuray, NewTom 3G and i-CAT. **Dentomaxillofac Radiol.** v. 35, p. 219–226, 2006.

MACHADO A.C. Investigação 3D da distribuição de fibras de aço em concreto reforçado por microtomografia de raios X. **IBRACON Structures and Materials Journal.** v. 8, n. 5, 2015.

MARINO, K. L. et al. Development of a rat model of bisphosphonate-related osteonecrosis of the jaw (BRONJ). **J Oral Implantol.** v. 38, p. 511-518, 2012.

MELO, H. C. P. G. A influência do tamanho do voxel em tomografia computadorizada de feixe cônico na detecção de perfurações radiculares usando um modelo in vitro. 2013. Dissertação (Mestrado em Clínicas Odontológicas) – Universidade Federal de Goiás. Goiânia. Goiás.

MELSEN, B. et al. Alveolar bone preservation subsequent to miniscrew implant placement in a canine model. **Orthod Craniofac Res.** v. 18, n. 2, p. 77–85, 2015.

NASCIMENTO-DIAS, B. L. Aplicações multidisciplinares da microtomografia de raios x e sua utilização na caracterização e análises não destrutivas de materiais. **R. bras. Fís. Tecnol. apl.** v. 4, n. 2, p. 26-41, 2017.

OH, J.S.; KIM, S. G. Collagen sponge and rhBMP-2 improve socket healing in rats treated with zoledronic acid. **Braz. oral res.** v. 31, n. 99, 2017.

OZER, S.Y. Detection of vertical root fractures by using cone beam computed tomography with variable voxel sizes in an in vitro model. **J Endod.** v.37, p.75– 79, 2011

OZORIO, L. B. et al. Post-extraction evaluation of sockets with one plate loss – a microtomographic and histological study. **Clin. Oral Impl. Res.** v. 27, n. 1, p. 31–38, 2016.

PALOMO, J. M.; RAO, P. S.; HANS, M. G. Influence of CBCT exposure conditions on radiation dose. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol** v. 105, p. 773–782, 2008.

PAVONE, C. et al. Effect of Er,Cr:YSGG laser application in the treatment of experimental periodontitis. **Lasers Med Sci**. v. 30, n. 3, p. 993-999, 2015.

REIS-NETO, J. M. et al. A microtomografia computadorizada de raios x integrada à petrografia no estudo tridimensional de porosidade em rochas. **Revista Brasileira de Geociências**. v. 41, n. 3, p. 498-508, 2011.

RITMAN, E. L. Current status of developments and applications of micro-CT. **Annu Rev Biomed Eng**. n.13, p. 531-52, 2011.

SABINO, L. E. Avaliação da influência de diferentes parâmetros na análise por microtomografia computadorizada (micro CTt) na doença periodontal induzida em ratos. 2017. Dissertação (Mestrado em Biociências, Biomateriais e Ciências Forenses) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Odontologia. Araraquara, São Paulo.

SCHULZE, R. K. W. et al. Artefacts in CBCT: a review. **Dentomaxillo. Radio**. v. 40, p. 265-273, 2011.

SHI, Q. et al.. Effects of non-equilibrium plasma in the treatment of ligature-induced peri-implantitis. **J Clin Periodontol**. v. 42, n. 5, p. 478–487, 2015.

SPIN-NETO, R. et al. Exploring CBCT-based DICOM files. A systematic review on the properties of images used to evaluate maxillofacial bone grafts. **J Digit Imaging**. v. 24, n. 6, p. 959-966, 2011.

VAZ, S. L.A. et al. Detection of periimplant fenestration and dehiscence with the use of two scan modes and the smallest voxel sizes of a cone-beam computed tomography device. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol**. v. 115, p. 121-127, 2013.

VERKET, A. et al. Osseointegration of dental implants in extraction sockets preserved with porous titanium granules - an experimental study. **Clin Oral Implants Res**. v. 25, n. 2, p. 100-108, 2014.

VILLANUEVA-ALCOJOL, L. et al. Characteristics of Newly Formed Bone in Sockets Augmented With Cancellous Porous Bovine Bone and a Resorbable Membrane: Microcomputed Tomography, Histologic, and Resonance Frequency Analysis. **Implant Dent**. v. 22, n. 4, p. 380-387, 2013.

XU, Y.; SU, J. S.; CHEN, Z. Establishment of a Rat model for alveolar cleft with bone wax. **J. Oral Maxillofac. Surg.** v. 73, n. 4, p. 733, 2015.

YAMASAKI, M. C. et al. Meloxicam as a Radiation-Protective Agent on Mandibles of Irradiated Rats. **Braz. Dent. J.** v. 28, n. 2, p. 249-255, 2017.

YUN, P. Y. et al. Influence of bone morphogenetic protein and proportion of hydroxyapatite on new bone formation in biphasic calcium phosphate graft: Two pilot studies in animal bony defect. model. **J Craniomaxillofac Surg.** v. 42, n. 8, p. 1909-1917, 2014.

ZHOU, F. et al. Radiographic and Histological Evaluation of the Healing of Extraction Sockets Filled With Bovine-Derived Xenograft: An Experimental Study in Rats. **Implant Dent.** v. 26, n. 3, p. 400-404, 2017.

