

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

IMPORTÂNCIA DO CBCT EM IMPLANTOLOGIA NA FASE PRÉ E PÓS-CIRÚRGICA

Trabalho submetido por
Rita Sofia Fernandes Ferreira
para a obtenção do grau de **Mestre** em Medicina Dentária

setembro de 2024

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

IMPORTÂNCIA DO CBCT EM IMPLANTOLOGIA NA FASE PRÉ E PÓS-CIRÚRGICA

Trabalho submetido por
Rita Sofia Fernandes Ferreira
para a obtenção do grau de **Mestre** em Medicina Dentária

Trabalho orientado por
Prof. Doutor Pedro Abecasis

setembro de 2024

DEDICATÓRIA

Aos meus avós

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Doutor Pedro Abecasis, pela sua constante disponibilidade e orientação ao longo deste projeto. Agradeço pela oportunidade que me foi concedida, pelos desafios apresentados e, sobretudo, pela confiança nas minhas capacidades.

Ao Prof. Doutor Santiago Jauregui, pela gentileza de me ter fornecido fotografias que enriqueceram o meu projeto.

À Egas Moniz, por ter sido casa durante 5 anos. Por me ter visto crescer e amadurecer, proporcionando um ambiente de excelência académica e profissional.

À minha família, pelo esforço e dedicação que fizeram por mim durante estes 5 anos. Aos meus pais, pelo amor, o incentivo e os sacrifícios que fizeram ao longo desta jornada permitindo-me chegar até aqui. Cada conquista minha é, na verdade, nossa. Obrigado por acreditarem em mim, mesmo quando eu duvidava, e por estarem sempre ao meu lado, transmitindo-me força, carinho e coragem. Sou vos eternamente grata.

Ao meu irmão, por ser o amigo de todas as horas. Mesmo à distância a tua força e incentivo foram essenciais para mim. És a minha inspiração e, é em ti que me foco para um dia alcançar todos os meus sonhos.

À minha querida avó, por ser um pilar de amor e sabedoria que moldou a pessoa que sou hoje. A tua dedicação e a forma como encaras a vida com coragem são exemplos que sempre levarei comigo.

Ao Gonçalo, por ter sido durante estes anos o melhor companheiro de curso, colega de casa e melhor amigo. Por ter entrado na minha vida genuinamente e, por ser tão igual a mim. Obrigada!

À Jéssica, pelas palavras certas nos momentos que mais precisei. Sou muito grata por ter alguém como tu na minha vida. Obrigada por seres uma amiga incrível.

À Diana, por ter sido a irmã que nunca tive. A que nunca me largou a mão, a que via sempre algo positivo nas coisas mais insignificantes e, aquela que me puxava sempre para cima quando eu achava que já não dava mais. À Box 10, por me ensinar a trabalhar em equipa e demonstrar que um grupo unido torna tudo mais fácil.

Aos meus melhores amigos, Maria, Rita, Sara, Zé e Duarte que desde o início me apoiaram a realizar esta etapa tão importante na minha vida.

Ao João, por ser o meu braço direito nos momentos mais difíceis, pelo apoio e paciência ao longo destes últimos 3 anos. E, mais que tudo, por me fazeres sentir verdadeiramente feliz.

RESUMO

A tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT) tem se afirmado como uma ferramenta essencial na implantologia, desempenhando um papel crucial nas fases pré e pós-cirúrgica. Na fase pré-operatória, o uso do CBCT permite uma avaliação tridimensional detalhada das estruturas anatômicas envolvidas, fornecendo informações precisas sobre a qualidade e quantidade óssea, além da localização de estruturas vitais, como o canal mandibular e seios maxilares. Essa precisão contribui para um planejamento cirúrgico mais seguro e eficaz, minimizando riscos de complicações intra e pós-operatórias, promovendo uma colocação mais exata dos implantes.

Na fase pós-cirúrgica, o CBCT é igualmente importante para monitorizar a evolução do processo de osteointegração e detetar precocemente eventuais complicações, como a falha na integração óssea, infecções ou posicionamentos inadequados dos implantes. A capacidade de gerar imagens tridimensionais (3D) de alta resolução proporciona aos clínicos uma visão aprofundada, permitindo ajustes terapêuticos precisos e intervenções mais seguras quando necessário.

Assim, o CBCT transforma o processo de tomada de decisão em implantologia, conferindo maior previsibilidade e segurança ao tratamento, quando comparada aos métodos radiográficos bidimensionais tradicionais. O seu uso contribui significativamente para o aumento das taxas de sucesso nos procedimentos de reabilitação oral com implantes, assegurando uma abordagem clínica mais precisa e fundamentada em dados tridimensionais de alta qualidade.

Palavras-chave: Implantes dentários; CBCT; Imagiologia; Implantologia.

ABSTRACT

Cone beam computed tomography (CBCT) has established itself as an essential tool in implantology, playing a crucial role in the pre- and post-surgical phases. In the preoperative phase, the use of CBCT allows a detailed three-dimensional assessment of the anatomical structures involved, providing precise information on bone quality and quantity, as well as the location of vital structures such as the mandibular canal and maxillary sinuses. This precision contributes to safer and more effective surgical planning, minimizing the risk of intra- and post-operative complications and promoting more accurate implant placement.

In the post-surgical phase, CBCT is equally important for monitoring the progress of the osseointegration process and detecting any complications early on, such as failure of bone integration, infections or improper implant positioning. The ability to generate high-resolution three-dimensional images provides clinicians with an in-depth view, allowing for precise therapeutic adjustments and safer interventions when necessary.

Thus, CBCT transforms the decision-making process in implantology, giving greater predictability and safety to treatment when compared to traditional two-dimensional radiographic methods. Its use contributes significantly to increasing success rates in oral rehabilitation procedures with implants, ensuring a more precise clinical approach based on data.

Key-words: Dental implants; CBCT; Imaging; Implantology.

LISTA DE ABREVIATURAS:

2D – Duas dimensões

3D - Três dimensões

AAOMR - *American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology*

ALARA - *As Low As Reasonably Achievable*

BM – Buraco Mentoniano

CBCT - *Cone Beam Computed Tomography* – Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico

CNP – Canal Nasopalatino

DICOM - *Digital Imaging and Communications in Medicine*

FN – Fossa Nasal

FOV - *Field of View* – Campo de Visão

kV – Energia/Potencial

mA – Corrente do Tubo

ROI – Região de interesse

RX - Raios X

s – Tempo de Exposição

SM – Seio Maxilar

Sv - Sieverts

TC – Tomografia Computadorizada

UH – Unidades *Hounsfield*

VC – Valores de Cinza

ÍNDICE GERAL:

I. INTRODUÇÃO	11
II. DESENVOLVIMENTO	15
1. TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE FEIXE CÔNICO (CBCT)	15
1.1. HISTÓRIA E DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA CBCT	15
1.2. PRINCÍPIOS BÁSICOS DE FUNCIONAMENTO	17
1.3. RADIAÇÃO: DOSE E EXPOSIÇÃO	19
1.4. VANTAGENS DO CBCT	20
1.5. LIMITAÇÕES DO CBCT	21
2. UTILIZAÇÃO DO CBCT EM IMPLANTOLOGIA	22
2.1. IMPORTÂNCIA DO CBCT NUMA FASE PRÉ-CIRÚRGICA	22
2.1.1. ESTRUTURAS ANATÔMICAS	23
2.1.1.1. CANAL NASOPALATINO	23
2.1.1.2. FOSSA NASAL	25
2.1.1.3. <i>CANALIS SINUOSOS</i>	27
2.1.1.4. SEIO MAXILAR	29
2.1.1.5. SEPTOS	32
2.1.1.6. ARTÉRIA ALVEOLAR SUPERIOR POSTERIOR	33
2.1.1.7. BURACO MENTONIANO	35
2.1.1.8. BURACO E CANAL SUBLINGUAL	37
2.1.1.9. CANAL MANDIBULAR	39
2.1.2. AVALIAÇÃO ÓSSEA	40
2.1.3. PLANEAMENTO PRÉ-OPERATÓRIO	43
2.1.4. PREVENÇÃO DE COMPLICAÇÕES CIRÚRGICAS	45
2.2. IMPORTÂNCIA DO CBCT NUMA FASE PÓS-CIRÚRGICA	46
2.2.1. AVALIAÇÃO DA PERDA ÓSSEA	47
2.2.2. COMPLICAÇÕES CIRÚRGICAS PÓS-OPERATÓRIAS	50
III. CONCLUSÃO	53
IV. BIBLIOGRAFIA	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Princípios Básicos de Funcionamento do CBCT. Adaptado de (Kaasalainen et al., 2021).	17
Figura 2 - Comparação de conjuntos de dados de volume isotropicamente (esquerda) e anisotropicamente (direita). Retirado de (Scarfe & Farman, 2008).	18
Figura 3 - Imagem de CBCT no plano sagital, demonstrando as diferentes formas do canal nasopalatino: cilíndrica, fusiforme, em ampulheta e em funil. Retirado de (Rai et al., 2021).	24
Figura 4 - Fossas nasais com tecidos moles. Fotografia cedida pelo Prof. Doutor Santiago Jaureguy.	26
Figura 5 - Colocação com exposição do implante na fossa nasal (Retirado de Oh et al., 2023).	27
Figura 6 - Presença do CS em secções transversais do CBCT na região do dente 13. Retirado de (Manhães Júnior et al., 2016).	28
Figura 7 - Corte ortogonal do seio maxilar. Fotografia cedida pelo Prof. Doutor Santiago Jaureguy.	30
Figura 8 - Imagem de um corte sagital oblíquo demonstrando a relação entre o seio maxilar saudável e as raízes dos dentes posteriores. Fotografia cedida pelo Prof. Doutor Santiago Jaureguy.	31
Figura 9 - Orientação dos septos no CBCT: (1) sagital, (2) coronal, (3) transversal. Retirado de (Hungerbühler et al., 2019).	32
Figura 10 - A) Septos completos que separam o seio em dois compartimentos; B) Dois implantes dentários e materiais de enxerto nos compartimentos do seio; C) septos entre os implantes (setas brancas). Retirado de (Koymen et al., 2009).	33
Figura 11 - Tipos de AASP: A- Intrasinusoidal; B- Intraóssea; C- Superficial. Retirado de (Tofangchiha et al., 2022).	34
Figura 12 - A) Reconstrução 3D do Buraco mentoniano do lado direito; B) Reconstrução 3D do Buraco mentoniano bilateralmente. Fotografia cedida pelo Prof. Doutor Santiago Jaureguy.	35
Figura 13 - Cortes ortorradiais do mentoniano. Fotografia cedida pelo Prof. Doutor Santiago Jaureguy.	36
Figura 14 - a) Implante em contacto com o canal lingual; b) Implante sem contacto com o canal lingual. Retirado de (Pérez-Vásquez & Vilma, 2019).	38

Figura 15 - Canal Mandibular. Fotografia cedida pelo Prof. Doutor Santiago Jaureguy.	40
Figura 16 - Tipos de osso classificados de acordo com Lekholm e Zarb com base na quantidade de osso cortical versus trabecular. Retirado de (Chugh et al., 2013).	41
Figura 17 - Densidade óssea na maxila e na mandíbula de acordo com Misch. Retirado de (Chugh et al., 2013).	42
Figura 18 - Comparação do método de medição da profundidade e largura em radiografia intra-oral (IO), TC de feixe cônico (CBCT) e microtomografia computadorizada (micro-CT). Seta branca, ombro do implante como referência; Seta amarela, profundidade do defeito ósseo (do ombro do implante até à crista óssea). Retirado de (Song et al., 2021).....	50

I. INTRODUÇÃO

Na última década, a Medicina Dentária tem passado por progressos significativos, principalmente no âmbito digital, tanto para diagnósticos, planeamentos e tratamentos cirúrgicos (Gaêta-Araujo et al., 2020).

Os exames radiográficos são essenciais para os médicos dentistas, fornecendo uma visão detalhada das estruturas dentárias e maxilofaciais. O consentimento informado do paciente é crucial antes da realização destes exames, garantindo que compreendam completamente os benefícios e riscos envolvidos.

As radiografias complementam os dados clínicos na avaliação inicial dos pacientes, facilitando a elaboração de diagnósticos precisos e planos de tratamento (Du Bois et al., 2012).

Na prática clínica, as radiografias intra e extra-orais são comuns, mas podem ser limitadas pela representação bidimensional de estruturas 3D, dado que, existe a visualização dos planos mesial-distal e apical-coronal, porém, o plano vestibulo-lingual é inviável de se avaliar (Davidopoulou et al., 2024; Shah, 2014).

As projeções bidimensionais sofrem erros de distorção, sobreposição, ampliação e, não evidenciam a relação entre tecidos duros e os tecidos moles o que dificulta a deteção precisa de certos problemas (Davidopoulou et al., 2024; Shah, 2014). Para superar essas limitações e melhorar a avaliação das estruturas tridimensionais, são necessárias técnicas avançadas de imagem (Davidopoulou et al., 2024). Contudo, para diagnósticos de rotina, frequentemente os exames radiológicos bidimensionais são eficientes (Gaêta-Araujo et al., 2020).

Diante dos avanços tecnológicos, torna-se evidente que o diagnóstico e o tratamento nas diversas áreas da Medicina Dentária tenham gerado a necessidade de incluir imagens 3D para superar as limitações que a imagem bidimensional nos propõe (Gaêta-Araujo et al., 2020).

A Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico, surge com o objetivo de oferecer maior precisão e informação diagnóstica, constituindo uma modalidade de Tomografia Computadorizada (TC) que foi especificamente adaptada para aplicações em imagiologia maxilofacial, tendo sido amplamente aceita e incorporada pela medicina dentária (Mandelaris et al., 2017; Ludlow et al., 2015).

Desde a sua implementação no final dos anos 90, o CBCT tem gradualmente revolucionado o paradigma da imagiologia radiográfica dentária, graças à sua disponibilidade e às imagens tomográficas de alta qualidade da região dento-maxilofacial que oferece (Lindfords et al., 2024).

Comparativamente às imagens radiográficas bidimensionais, o CBCT salienta compatibilidade com as dimensões que apresenta e o tamanho real, havendo também uma ausência da distorção e sobreposição de imagens (De Faria Vasconcelos et al., 2012). A incorporação desta técnica imagiológica promete melhorar o tratamento de pacientes que necessitam de intervenções cirúrgicas (Mandelaris et al., 2017).

O volume de dados adquiridos é denominado "Campo de Visão" (FOV). Existem scanners disponíveis para capturar imagens de volumes que variam desde o crânio até um pequeno volume que inclui apenas alguns dentes. Preferencialmente, o FOV deve ser configurável em largura e altura, de modo a restringir a exposição à radiação somente para a zona de foco, diminuindo, conseqüentemente, a exposição do paciente à radiação (Dawood et al., 2009).

Esta técnica imagiológica é amplamente adotada em múltiplos domínios da medicina dentária, abrangendo áreas como a implantologia oral, a cirurgia dento-maxilofacial, procedimentos cirúrgicos guiados por imagem, endodontia, periodontologia e ortodontia. É reconhecida como a melhor opção quando há necessidade de visualização tridimensional das estruturas anatómicas adjacentes, como o canal do nervo alveolar inferior e o córtex lingual (Kamburoğlu, 2015; Patel et al., 2020).

Na área da implantologia oral o CBCT aumenta a previsibilidade na colocação de implantes devido à sua precisão na avaliação do osso disponível. Isso permite ao médico dentista determinar a altura e largura adequadas para a colocação do implante. Além disso,

o CBCT permite avaliar a quantidade de osso ao redor do implante antes da sondagem, fornecendo informações relevantes sobre condições como a peri-implantite, incluindo a presença de radiolucência (Shukla et al., 2017).

Numa fase pré-cirúrgica, esta tecnologia auxilia o médico dentista no posicionamento de forma segura e eficiente do implante, uma vez que, a sua utilização elimina a necessidade de se recorrer a métodos cirúrgicos invasivos (Jain et al., 2019).

A utilização de radiografias antes dos procedimentos cirúrgicos é de extrema importância na clínica. Estas imagens fornecem dados cruciais sobre a posição dos dentes, a anatomia das raízes e, particularmente, a relação do dente com as estruturas adjacentes (Patel et al., 2020).

É possível obter-se imagens transversais em múltiplos planos, proporcionando uma avaliação precisa das dimensões (altura e largura) e ângulos ósseos, além de permitir a observação da localização do canal alveolar inferior, do forame da mandíbula e do seio maxilar, incluindo também a espessura do palato e da mucosa sobrejacente para a colocação de mini-implantes ou implantes. Em pacientes edêntulos, é possível determinar a quantidade e qualidade de osso disponível para a colocação do implante, oferecendo dados minuciosos e precisos sobre a vitalidade dos tecidos adjacentes. Esta técnica imagiológica é útil também na detecção de patologias orais e maxilofaciais, anomalias de desenvolvimento e infecções (Jain et al., 2019; Shah, 2014).

A avaliação do trajeto dos canais vasculares nas paredes do seio maxilar, juntamente com a medição da distância entre o pavimento do seio e a crista alveolar através do CBCT, pode ser uma medida preventiva eficaz para reduzir hemorragias durante procedimentos de implante dentário (Jain et al., 2019).

Além disso, o CBCT é eficaz na avaliação de fenestrações alveolares e deiscências, as quais podem influenciar o protocolo terapêutico (Weiss & Read-Fuller, 2019).

Após o procedimento cirúrgico, O CBCT é utilizado para fazer uma avaliação de rotina após a colocação do implante, sendo útil também para verificar a perda óssea ao longo dos anos (Weiss & Read-Fuller, 2019).

O CBCT proporciona vantagens relevantes que podem influenciar o planeamento do tratamento e otimizar os resultados cirúrgicos. Através da utilização desta tecnologia, é possível realizar cirurgias minimamente invasivas sem a necessidade de levantar um retalho, resultando na redução do tempo de cirurgia, desconforto pós-operatório, inchaço e período de recuperação para o paciente. No decorrer dos últimos anos, a Tomografia Computadorizada *Cone Beam* tem ganho uma crescente popularidade na rotina clínica devido à sua capacidade de oferecer uma resolução espacial significativamente maior. (Weiss & Read-Fuller, 2019; Jain et al., 2019; Patel et al., 2020).

Contudo, as limitações do CBCT compreendem níveis superiores de exposição à radiação em comparação com a imagiologia 2D, desafios na representação precisa de estruturas de tecidos moles e lesões, correlação restrita com unidades *Hounsfield* (UH) para a avaliação padronizada da densidade óssea, e a incidência frequente de artefactos de imagem, particularmente relacionados a restaurações metálicas (Kamburoğlu, 2015).

Esta revisão tem como objetivo enfatizar de que modo a utilização do CBCT pode melhorar significativamente a área da implantologia tanto numa fase de planeamento pré-cirúrgico, como numa fase de pós-operatório.

Em implantologia oral, na fase pré-cirúrgica, o CBCT é utilizado para avaliação precisa da anatomia oral do paciente, incluindo tecidos duros, localização de nervos e quantidade de osso disponível para colocação de implantes, permitindo um planeamento cirúrgico mais detalhado e seguro. Na fase pós-cirúrgica, esta técnica imagiológica é valiosa para avaliar a integração do implante com o osso e tecidos circundantes, bem como, para detetar possíveis complicações pós-operatórias. Além disso, o acompanhamento por meio de imagens CBCT permite uma monitorização precisa da evolução do tratamento ao longo do tempo.

Com base na análise de todos os parâmetros apresentados, pretendemos que haja uma percepção aprimorada no valor do CBCT na sua prática clínica, incentivando a adoção e uso desta tecnologia para melhorar a qualidade dos planos de tratamentos. Ao oferecer uma visão aprofundada e fundamentada sobre este tema, pretendemos melhorar os resultados clínicos que o CBCT nos pode fornecer para a colocação de implantes dentários.

II. DESENVOLVIMENTO

1. Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (CBCT)

1.1. História e desenvolvimento da tecnologia CBCT

A descoberta dos comprimentos de onda RX por Wilhelm Conrad Röntgen no séc. XIX assinalou um marco significativo na história da medicina. Desde então, o diagnóstico por imagem evoluiu consideravelmente, incorporando diversas tecnologias. As imagens radiográficas 3D desenvolveram-se para atender às demandas das tecnologias avançadas de tratamento, impulsionando o surgimento de novas estratégias terapêuticas (Venkatesh & Venkatesh Elluru, 2017).

A Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico surgiu a partir da Tomografia Computadorizada, desenvolvida pelo engenheiro britânico Godfrey Hounsfield em 1967. Inicialmente concebida para fornecer imagens 3D em cortes transversais de forma económica e eficiente para radioterapia e, posteriormente para angiografia em 1982. O CBCT teve a sua disponibilidade comercial atrasada cerca de 10 anos. Foi introduzida na Europa em 1998 e nos EUA em 2001. A Columbia Scientific Inc. lançou o *software* 3D em 1988, seguido pela introdução do CBCT em publicações de pesquisa dentárias dois anos depois. Com a adoção do CBCT na medicina dentária, os médicos dentistas puderam aprofundar os seus conhecimentos e obter uma visão mais detalhada das estruturas subjacentes. Esta tecnologia inovadora simplificou o processo da tomada de decisão e facilitou a identificação de defeitos ósseos em diferentes ângulos (Shukla et al., 2017).

Definição

A Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico é uma técnica radiográfica que proporciona imagens 3D precisas das estruturas de tecidos duros (Kumar et al., 2015).

A terminologia "feixe cônico" refere-se à forma cônica do feixe que examina o paciente num movimento circular em torno do eixo vertical da cabeça. O mecanismo de retenção da cabeça é essencial, independentemente da posição do paciente. Não obstante das

diversas posturas adotadas, os princípios de produção de imagens mantêm-se inalterados. É realizado um exame de 360°, onde a fonte de raios X e uma matriz de detetores se movem simultaneamente em torno da cabeça do paciente, que é estabilizada por um cefalostato. Durante uma rotação completa em torno do paciente, a fonte e o recetor realizam várias exposições, cada uma com duração entre 8,9 e 40 segundos (Abramovitch & Rice, 2014; Scarfe & Farman, 2008; Kumar et al., 2015; Howerton & Mora, 2008).

Posteriormente, um *software* de leitura agregará as imagens de cortes axiais e, utilizando algoritmos específicos do fabricante, reconstruirá a soma das exposições em imagens 3D. Essas imagens estão no formato *Digital Imaging and Communications in Medicine* (DICOM), uma norma para o manuseamento, armazenamento, impressão e transmissão de informações em imagiologia médica, produzindo imagens tanto não ortogonais quanto ortogonais, apresentando uma alta resolução espacial (Howerton & Mora, 2008; Heller et al, 2024).

Um relatório radiológico de CBCT deve incluir: identificação do paciente, detalhes técnicos do exame, achados radiológicos e uma interpretação diagnóstica. A secção de achados radiológicos, frequentemente subvalorizada, deve abranger observações intra-orais, tais como ausências dentárias, restaurações, implantes, dentes tratados endodonticamente, lesões periapicais, condição do osso alveolar e regiões desdentadas. Deve igualmente incluir estruturas extra-orais, como a articulação temporomandibular (ATM), seios paranasais, vias aéreas nasofaríngeas, tecidos moles cervicais e calcificações intracranianas. A interpretação diagnóstica deve fornecer um diagnóstico diferencial relacionado ao objetivo do exame ou achados incidentais clinicamente relevantes, comparar com estudos imagiológicos prévios, se disponíveis, e incluir recomendações para exames adicionais, a fim de esclarecer ou confirmar diagnósticos (Heller et al, 2024).

1.2. Princípios Básicos de Funcionamento

A produção de imagens por CBCT é realizada em três fases principais: configuração de aquisição, fonte RX e definição do FOV. Este processo utiliza uma plataforma giratória equipada com uma fonte de RX e um detetor, que rotaciona em torno do centro da região de interesse (ROI). As imagens geradas durante a rotação são empregadas na construção da imagem volumétrica. A fonte de RX pode operar de forma contínua ou pulsada, sendo esta última preferida para minimizar a dose de radiação ao paciente (W. Scarfe et al., 2012).

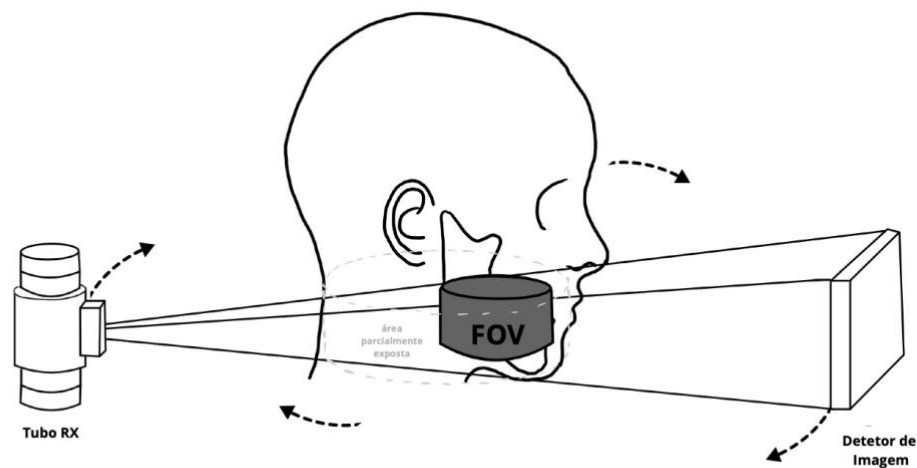


Figura 1 - Princípios Básicos de Funcionamento do CBCT. Adaptado de (Kaasalainen et al., 2021).

As dimensões e a forma do FOV dependem das características do detetor e da geometria do feixe. A maioria dos sistemas de CBCT tem vários tamanhos de FOV predefinidos, com diferentes aberturas de colimador para ajustar o FOV. Alguns sistemas de CBCT também permitem uma colimação livremente ajustável ao longo da direção, permitindo FOVs de qualquer altura. Os estudos demonstraram que o tamanho do FOV condiciona significativamente a qualidade da imagem e a dose de radiação da CBCT. Um FOV mais pequeno resulta geralmente numa melhor resolução espacial e numa menor dose de radiação para o doente. Em contrapartida, um FOV maior permite a visualização de uma área anatómica mais ampla, mas com menor resolução e maior dose de radiação. O tamanho mais apropriado deve ser selecionado conforme a área de interesse em análise, limitando ao máximo o FOV ao ROI, com o objetivo de reduzir a exposição do paciente

à radiação (Hartshorne, 2022; Nascimento et al., 2017; W. Scarfe et al., 2012; Shokri et al., 2018).

Um dos elementos fundamentais desta tecnologia é o *voxel* apresentando-se como a unidade tridimensional fundamental que compõe as imagens do CBCT. Cada *voxel* representa um pequeno volume cúbico da região digitalizada, contendo informações sobre a densidade e a atenuação dos tecidos nessa área. No CBCT o *voxel* é isotrópico, o que indica que os planos axial, coronal e sagital apresentam dimensões equivalentes. As suas dimensões variam entre 0,076 mm e 0,4 mm, dependendo da unidade de CBCT específica e do protocolo de imagiologia utilizado. Todavia, tamanhos de *voxel* mais pequenos proporcionam uma maior resolução espacial e, da mesma forma, provocam doses de radiação mais elevadas, capazes de visualizar detalhes anatómicos mais pequenos. Em 2018, Fokas et al. concluíram que os tamanhos do *voxel* de 0,3 a 0,4 mm são considerados adequados para fornecer imagens de CBCT com uma qualidade de diagnóstico aceitável para o planeamento do tratamento com implantes (Fokas et al., 2018; Gaêta-Araujo et al., 2021; Spin-Neto et al., 2013).

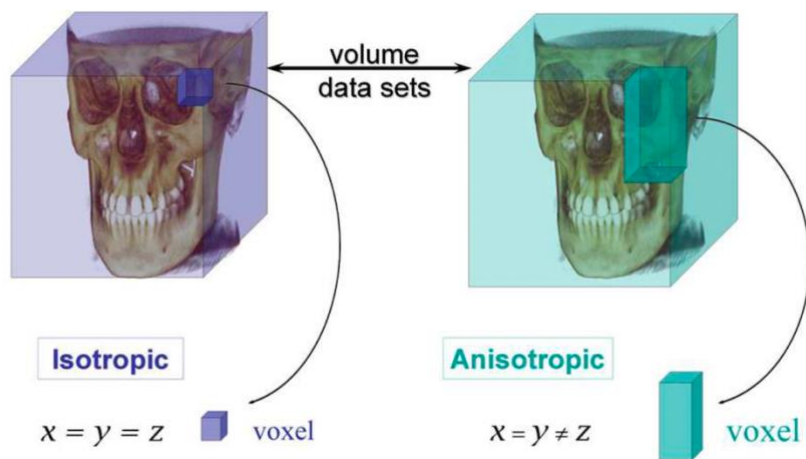


Figura 2 - Comparação de conjuntos de dados de volume isotropicamente (esquerda) e anisotropicamente (direita). Retirado de (Scarfe & Farman, 2008).

1.3. Radiação: Dose e Exposição

A dose total de radiação recebida por todos os tecidos e órgãos irradiados durante a exposição aos RX é conhecida como Dose Eficaz, medida em Sieverts (Sv) ou micro Sieverts (μSv), para doses menores. Os dispositivos de CBCT atualmente disponíveis apresentam uma dose de radiação que varia de 87 a 206 μSv para a realização de um *scan* craniofacial completo (Durack & Patel, 2012; Kapila et al., 2011).

As doses de radiação variam conforme o tipo de equipamento e as suas configurações de exposição, incluindo o FOV, tempo de exposição (s), corrente do tubo (mA), energia/potencial (kV), assim como a região que está a ser examinada (Suomalainen et al., 2015).

Atualmente, o equipamento de CBCT que utilizamos possui opções de 2 mA e 15 mA. Para a maioria dos casos que requerem uma imagem de 12 polegadas, como estudos craniofaciais realizados antes dos tratamentos ortodônticos, utilizamos a configuração de 2 mA. A configuração de 15 mA é aplicada em situações de patologia ou quando se utiliza um FOV de 6 polegadas para a avaliação óssea visando a colocação de implantes (Palomo et al., 2008).

As alterações no posicionamento do paciente, como a inclinação do queixo, e o uso de proteção pessoal adicional, como o colar da tiróide, podem reduzir substancialmente a dose de radiação até 40%. Comparando-se à dose registada para a imagiologia maxilofacial por TC (aproximadamente 2000 μSv), observa-se que o CBCT proporciona reduções significativas na dose de radiação, variando entre 98,5% e 76,2% (Scarfe & Farman, 2008).

Seguindo o princípio *As Low As Reasonably Achievable* (ALARA) o clínico deve estar atento à seleção das configurações mais adequadas, do FOV e das medidas de proteção adequadas para os pacientes, a fim de evitar qualquer exposição desnecessária à radiação (Palomo et al., 2008).

1.4. Vantagens do CBCT

A aplicação pré-cirúrgica do CBCT é comumente utilizada no planejamento e na assistência computadorizada para a colocação de implantes dentários. Este procedimento requer conjuntos de dados 3D para o subsequente planejamento em *softwares* especializados, com possível transferência para o ambiente cirúrgico. O objetivo é alcançar uma abordagem integrada que considere aspectos biomecânicos, funcionais e estéticos, visando assim resultados mais previsíveis e a prevenção de complicações (Jacobs et al., 2018).

No CBCT, os feixes de RX são direcionados apenas para a área de interesse, permitindo a associação de um campo de visão específico para cada paciente. Isso resulta na produção de um volume de dados personalizado. Quanto menor o campo de visão, menor a exposição do paciente à radiação, contribuindo para uma abordagem mais segura e eficaz nos exames de imagem. A dose efetiva do CBCT varia conforme a categoria e o modelo do equipamento, assim como o campo de visão (FOV) utilizado. Além disso, é possível reduzir a dose em até 40% ajustando a posição do paciente, como ao inclinar o queixo, e utilizando proteção adicional, como o uso de colares de tireóide. A radiação recebida pelo paciente com o CBCT pode ser comparada a múltiplas vezes a dose de uma radiografia panorâmica ou a vários dias de exposição à radiação natural. O CBCT também proporciona uma redução significativa da dose em comparação com a radiação utilizada na imagem oral e maxilofacial feita pela tomografia computadorizada convencional (Scarfe & Farman, 2008; Venkatesh & Venkatesh Elluru, 2017).

A rotação única, usada na tecnologia CBCT para adquirir imagens básicas para a imagiologia 3D, geralmente requer um tempo de varredura de 5 a 40 segundos, comparável à radiografia panorâmica. Esse curto tempo de varredura é vantajoso na redução de artefactos devido ao movimento do paciente (Venkatesh & Venkatesh Elluru, 2017).

1.5. Limitações do CBCT

A utilização do equipamento CBCT na prática dentária enfrenta desafios significativos devido aos custos elevados associados à sua aquisição, manutenção e operação, o que pode restringir a sua disponibilidade em determinadas clínicas ou instituições. As restrições financeiras podem representar uma barreira para a implementação ampla do CBCT, impactando diretamente a capacidade de realização de exames diagnósticos em determinados contextos clínicos (Wojciech et al., 2024).

A qualidade das imagens radiográficas é essencial para o diagnóstico preciso e eficaz durante a nossa prática clínica. No entanto, os artefactos de imagem podem comprometer essa qualidade, introduzindo distorções e interferências que podem obscurecer detalhes importantes e levar a interpretações incorretas. Um artefacto é qualquer distorção ou anomalia na imagem que não corresponde ao objeto em análise, resultando das discrepâncias entre a reconstrução visual e a realidade do objeto, tornando a resolução e imagem inadequada para o diagnóstico. Os movimentos involuntários dos pacientes, como a respiração, durante o procedimento podem gerar estruturas fictícias, destacando a importância de compreender e minimizar esses artefactos para aprimorar a qualidade diagnóstica. Assim sendo, é restringida a sua aplicabilidade em pacientes pediátricos e em indivíduos capazes de manter a mobilidade durante o procedimento (Nagarajappa et al., 2015; Venkatesh & Venkatesh Elluru, 2017; Fan et al., 2023).

Outro ponto negativo pertinente de salientar sobre o CBCT, é a baixa resolução dos tecidos moles, dado que revelam um contraste significativamente inferior em comparação com os aparelhos de TC convencionais. Normalmente, em medicina dentária, o foco predominante da radiologia recai sobre os tecidos duros, como os dentes e ossos, o que geralmente minimiza a importância do contraste dos tecidos moles (Venkatesh & Venkatesh Elluru, 2017; Suomalainen et al., 2015).

2. Utilização do CBCT em Implantologia

Para o sucesso dos implantes dentários em pacientes que sofreram perda dentária e osso, é crucial um levantamento de informações clínicas e radiológicas meticulosas, garantir uma comunicação interdisciplinar eficaz e realizar um planejamento preciso e cuidadoso. O planejamento permite que sejam feitas medições rigorosas da distância entre a crista alveolar e o canal mandibular, impedido o impacto no nervo alveolar inferior e, permitindo que seja avaliada a densidade e qualidade óssea. A qualidade do osso é um fator determinante para o sucesso a longo prazo do implante dentário. Antigamente, os implantes eram colocados nas áreas com maior densidade óssea, sem considerar a posição da coroa, o que poderia comprometer a biomecânica, a estética e a manutenção do implante, levando a insucessos. Para evitar isso, o planejamento deve focar-se na localização ideal do implante, na posição da coroa e na avaliação da viabilidade óssea (Worthington et al., 2010; Gupta & Ali, 2013).

2.1. Importância do CBCT numa fase pré-cirúrgica

A escolha correta das imagens pré-operatórias é essencial para a avaliação e planejamento do tratamento antes da cirurgia de implantes. Em praticamente todas as áreas, tanto da maxila da mandíbula, há estruturas anatômicas importantes que necessitam de uma análise detalhada em três dimensões. Dessa forma, não só é possível selecionar um determinado tamanho e comprimento do implante, mas também determinar a altura e largura do rebordo alveolar, bem como a proximidade das estruturas anatômicas adjacentes. A *American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology* (AAOMR) atualmente recomenda a utilização de imagens transversais para todas as cirurgias de implantes dentários. Embora as imagens 2D ainda continuem a ser frequentemente adotadas, a literatura evidencia que o CBCT proporciona benefícios significativos, que podem alterar tanto o planejamento como o tratamento e, aprimorar os resultados cirúrgicos (Hussaini et al., 2024; Weiss & Read-Fuller, 2019).

Na última década, foram desenvolvidos vários programas de *software* baseados em computador para o planejamento pré-cirúrgico de implantes que utilizam imagens derivadas do CBCT. Mediante a utilização desses programas, os médicos dentistas podem selecionar e “experimentar” virtualmente implantes de diferentes diâmetros e

comprimentos, a fim de determinar o implante mais adequado para uma determinada localização (Hussaini et al., 2024).

Considerando as suas diversas aplicabilidades, o CBCT desempenha um papel essencial na criação de modelos tridimensionais utilizados para guias de perfuração. Esse processo aprimora a fiabilidade e a previsibilidade do posicionamento dos implantes, permitindo um planeamento mais preciso e eficaz. A utilização do CBCT também facilita a avaliação detalhada da altura e largura da crista óssea, bem como da densidade óssea circundante. Estes fatores são cruciais para o sucesso do procedimento, na medida em que influenciam diretamente a estabilidade e a integração do implante. Adicionalmente, a colocação de implantes guiada por CBCT tem sido associada a uma série de benefícios clínicos. Entre estes, destacam-se a manutenção de tecidos peri-implantares estáveis, a obtenção de resultados estéticos satisfatórios e a redução do risco de peri-implantite. Portanto, a integração do CBCT na prática da implantologia não só otimiza a precisão do tratamento, mas também contribui para a melhoria dos resultados a longo prazo (Jha et al., 2022; Meer Rownaq Ali et al., 2019; Zewail et al., 2024).

2.1.1. Estruturas anatómicas

2.1.1.1. Canal Nasopalatino

O canal nasopalatino (CNP) é uma estrutura anatómica que se encontra localizada na linha média da maxila no plano mediano do processo palatino anterior dos ossos maxilares, anteriormente ao forâmen incisivo e, posterior aos incisivos centrais, interligando o teto da cavidade oral com o pavimento da cavidade nasal desempenhando um papel crucial na determinação do prognóstico de implantes dentários e cirurgias associadas. Este canal contém o nervo nasopalatino, responsável pela inervação da mucosa palatina anterior, das gengivas e dos tecidos periodontais dos incisivos centrais e laterais superiores. O CNP apresenta uma configuração predominante de bifurcação em dois condutos em forma de Y, que se abrem em cada lado do septo nasal, conhecidos como forâmes de Stenson. Além desta conformação em Y (denominada tipo C), existem diversas variações anatómicas, sendo comuns os tipos de canal único (tipo A) e canal duplo (tipo B). Durante o planeamento cirúrgico, é essencial considerar variações raras do CNP, como trifurcações e a presença de um canal nasopalatino acessório, bem como a

potencial existência de quistos nasopalatinos, que possuem uma prevalência aproximada de 1% na população adulta em geral (Fernández Bodereau et al., 2020; Liang et al., 2009; Rai et al., 2021).

Num estudo realizado por Rao et al., em 2018 verificou-se que a forma, a curvatura, a angulação do canal e as suas dimensões ântero-posteriores, juntamente com o número de aberturas, o comprimento do canal e as dimensões médio-laterais e ântero-posteriores são fatores cruciais que desempenham um papel fundamental na colocação de implantes dentro do CNP. Em 2021, Rai et al observaram que a maioria dos indivíduos apresentavam CNP em forma de funil (38,4%), cilíndrico (38,0%), ampulheta (19,6%) e fusiforme (4,0%), como podemos verificar pela Figura 3. A curvatura mais comum do CNP era inclinada (71,3%), de seguida, 15,6% das curvaturas eram oblíquas, 12,3% eram verticais e 0,8% eram curvas (Rai et al., 2021; Rao et al., 2018).

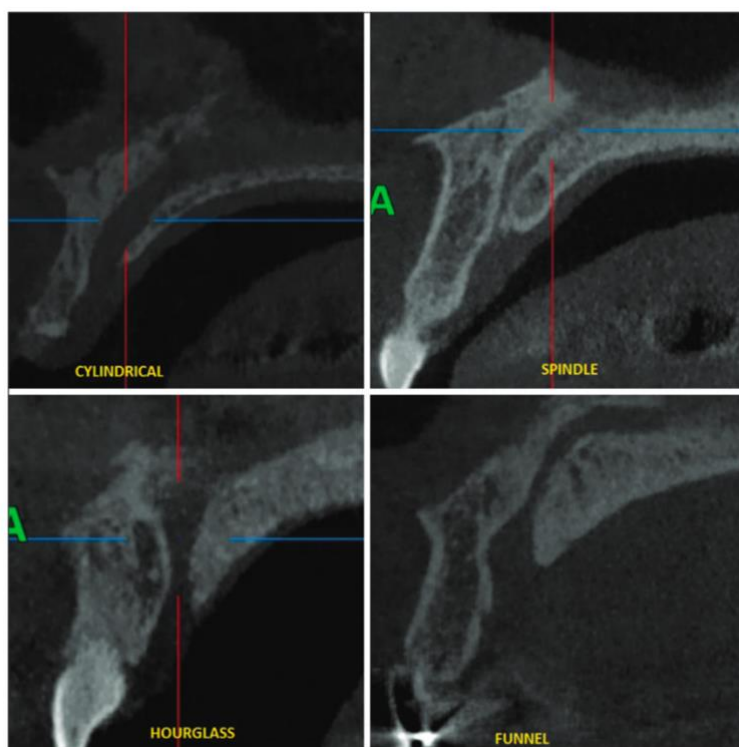


Figura 3 - Imagem de CBCT no plano sagital, demonstrando as diferentes formas do canal nasopalatino: cilíndrica, fusiforme, em ampulheta e em funil. Retirado de (Rai et al., 2021).

Considerando a proximidade do CNP com o local planeado para o implante, é imperativo considerar um conjunto de fatores. Entre eles, destaca-se o risco de lesão do feixe neurovascular, uma vez que a colocação do implante muito próximo do canal pode

resultar em lesões do nervo nasopalatino e dos vasos sanguíneos associados, podendo provocar perturbações sensoriais ou hemorragias excessivas. Adicionalmente, a estabilidade do implante pode ser comprometida, originando um volume ósseo insuficiente ao redor do canal, afetando a estabilidade primária do implante, a osteointegração e o sucesso a longo prazo. Consequentemente, em diversos casos, a expansão da área é recomendada antes ou concomitantemente à colocação do implante, especialmente quando o forame nasopalatino está próximo ao local planeado para a futura osteotomia (Fernández Bodereau et al., 2020; Singhal et al., 2018).

Por conseguinte, a utilização do CBCT proporciona uma abordagem precisa e detalhada para a avaliação do canal nasopalatino. Através da classificação morfológica e da medição exata do comprimento e dos diâmetros do canal, o CBCT fornece dados fundamentais para o planeamento de implantes na maxila anterior. Ainda assim, o CBCT permite a definição de uma margem de segurança de 2 mm ao redor do CNP, o que reduz significativamente o risco de danos do feixe neurovascular (Fokas et al., 2018; Guerrero et al., 2014).

2.1.1.2. Fossa Nasal

A fossa nasal (FN) constitui estruturas anatómicas fundamentais dentro da cavidade nasal, desempenhando funções essenciais nos processos respiratórios e olfativos. Estas estruturas são subdivididas em regiões distintas: o vestíbulo nasal, a região maxiloturbinal e a região etmoidal. Ademais, a FN mantém uma conexão intrínseca com as estruturas circunvizinhas, notadamente a fossa pterigopalatina (FPP), um espaço anatómico estreito localizado posteriormente ao seio maxilar. A FPP estabelece comunicações com várias regiões anatómicas, incluindo a cavidade nasal, a fossa infratemporal, a fossa craniana média, a órbita e a cavidade oral (Battaglia et al., 2016; Omura et al., 2021; Ranslow et al., 2014).

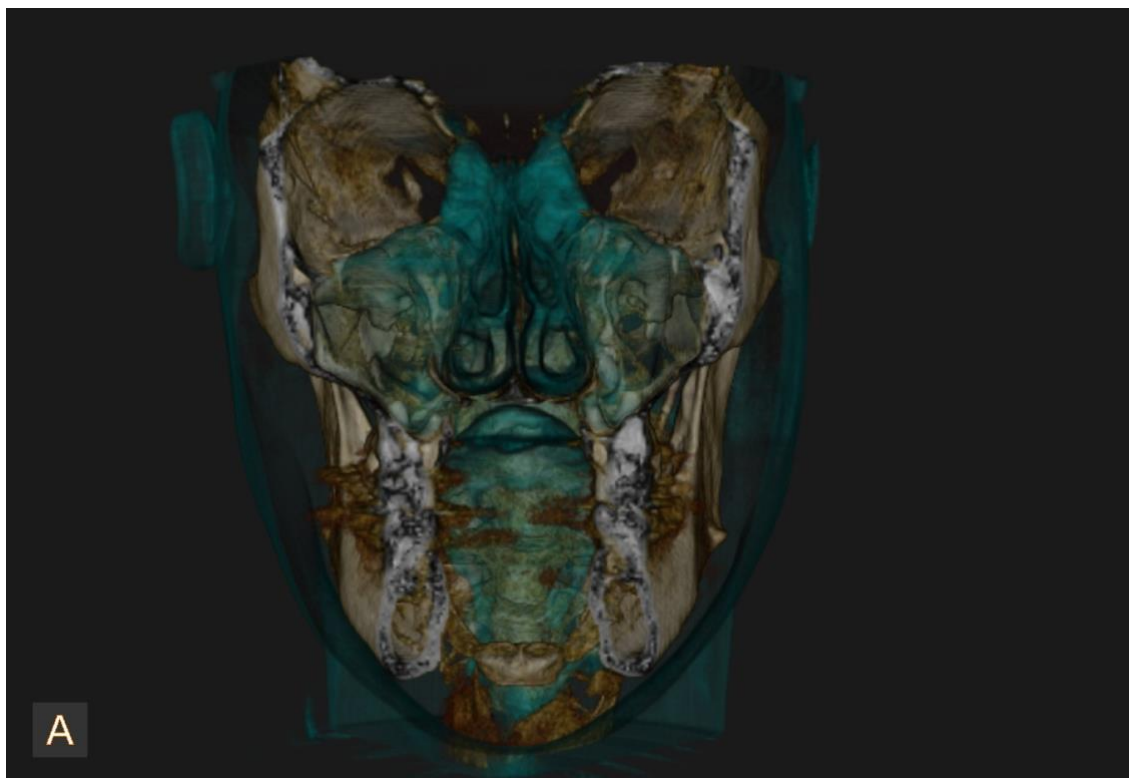


Figura 4 - Fossas nasais com tecidos moles. Fotografia cedida pelo Prof. Doutor Santiago Jaureguy.

A FN é outro ponto de referência importante quando se considera a colocação de implantes na região anterior da arcada maxilar. Neste contexto, a proximidade da FN com o seio maxilar é de particular relevância. A migração de implantes dentários para a FN pode ocorrer como uma complicação rara, necessitando de extração através de rinoscopia anterior. Além disso, a colocação de implantes no osso transnasal entre o seio maxilar e a fossa nasal pode permitir a utilização de implantes extralongos para suportar eficazmente próteses de arcada completa (Oh et al., 2023; Sanchis & Díaz, 2021; Yeom et al., 2023).

De acordo com Yeom et al., (2023), um dos principais desafios identificados na colocação de implantes na FN é o seu risco de perfuração. Esta por sua vez, pode ser assintomática e permanecer na cavidade nasal durante muitos anos. Os sintomas mais prevalentes neste tipo de casos são a secreção mucopurulenta e nasal unilateral, também podendo alterar o fluxo de ar acompanhado de dor e desconforto. A extensão dos implantes dentários na cavidade nasal pode estar associada a rinossinusite e rinite (Biafora et al., 2014; Yeom et al., 2023).

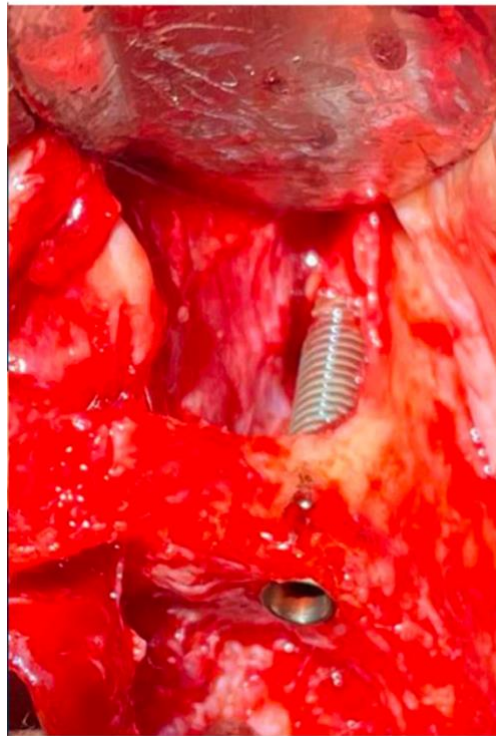


Figura 5 - Colocação com exposição do implante na fossa nasal (Retirado de Oh et al., 2023)

Deste modo, é importante avaliar a FN por meio de um exame radiológico para evitar a sua perfuração e garantir um volume ósseo adequado. Além disso, se o osso alveolar for estreito, a colocação do implante requer uma atenção acrescida, sendo necessária uma avaliação mais meticulosa mesmo após a colocação (Yeom et al., 2023).

2.1.1.3. *Canalis Sinuosos*

O *canalis sinuosus* (CS) é uma estrutura anatômica importante no contexto da implantologia dentária, particularmente na maxila anterior. O CS é um canal neurovascular, proveniente do nervo do canal infraorbitário, através do qual passa o nervo alveolar superior, que se inclina medialmente no trajeto entre a cavidade nasal e o seio maxilar, atingindo a pré-maxila na região dos caninos e incisivos. Geralmente, apresenta-se como uma estrutura bilateral, sendo, raramente, unilateral (Arruda et al., 2017).



Figura 6 - Presença do CS em secções transversais do CBCT na região do dente 13. Retirado de (Manhães Júnior et al., 2016)

A morfologia do CS é pouco discutida na literatura e, por isso, poucos estudos descrevem a extensão desta estrutura anatômica, que se estende cerca de 55mm através da maxila, sendo que a distância vertical entre o forame infraorbitário e o CS pode variar de 0 a 9,0mm (Arruda et al., 2017; Von Arx et al., 2013).

A relevância do CS é destacada na reabilitação da região anterior da maxila para a colocação de implantes dentários. O pilar canino, frequentemente utilizado como suporte definitivo para os implantes, desempenha um papel crucial neste processo. Contudo, o contacto com o feixe neurovascular do nervo alveolar superior pode comprometer a osteointegração, além de induzir parestesia temporária ou permanente, acompanhada de sangramento *in situ* (Manhães Júnior et al., 2016).

Esta estrutura é ignorada durante o planeamento de implantes devido à sua natureza discreta na radiografia padrão. As imagens de radiografias periapicais convencionais, ortopantomografias e CBCT do CS apresentam-no como sendo radiolúcido e/ou

hipodenso, e muitas vezes os dentistas desconhecem a presença desta estrutura anatômica. Uma vez identificada, é descrita como uma imagem radiolúcida na região periapical dos caninos e incisivos laterais superiores (Shelley et al., 1999).

2.1.1.4. Seio Maxilar

No contexto da implantologia e do processo de osteointegração, o seio maxilar (SM) desempenha um papel crucial. É, também conhecido como antro de Highmore, localizado no interior do corpo do osso maxilar e caracterizado pela sua forma piramidal, apresentando uma altura média de aproximadamente 33 mm, uma largura de 23 mm e um comprimento ântero-posterior de cerca de 34 mm. Por ser o maior dos seios paranasais e o primeiro a desenvolver-se, possui funções essenciais, como a ressonância fonatória, o condicionamento do ar e a equalização das pressões na cavidade nasal, sendo revestida pela membrana de Schneider. O processo alveolar da maxila, responsável por suportar a dentição, constitui o limite inferior do SM. Por sua vez, a inervação sensorial geral é fornecida pelos ramos infra-orbital e alveolar superior anterior, médio e posterior do nervo maxilar. A maior parte da inervação sensorial é proveniente do ramo alveolar superior posterior (de Sousa et al., 2022; Hamdy, 2013; Iwanaga et al., 2018; Whyte & Boeddinghaus, 2019).

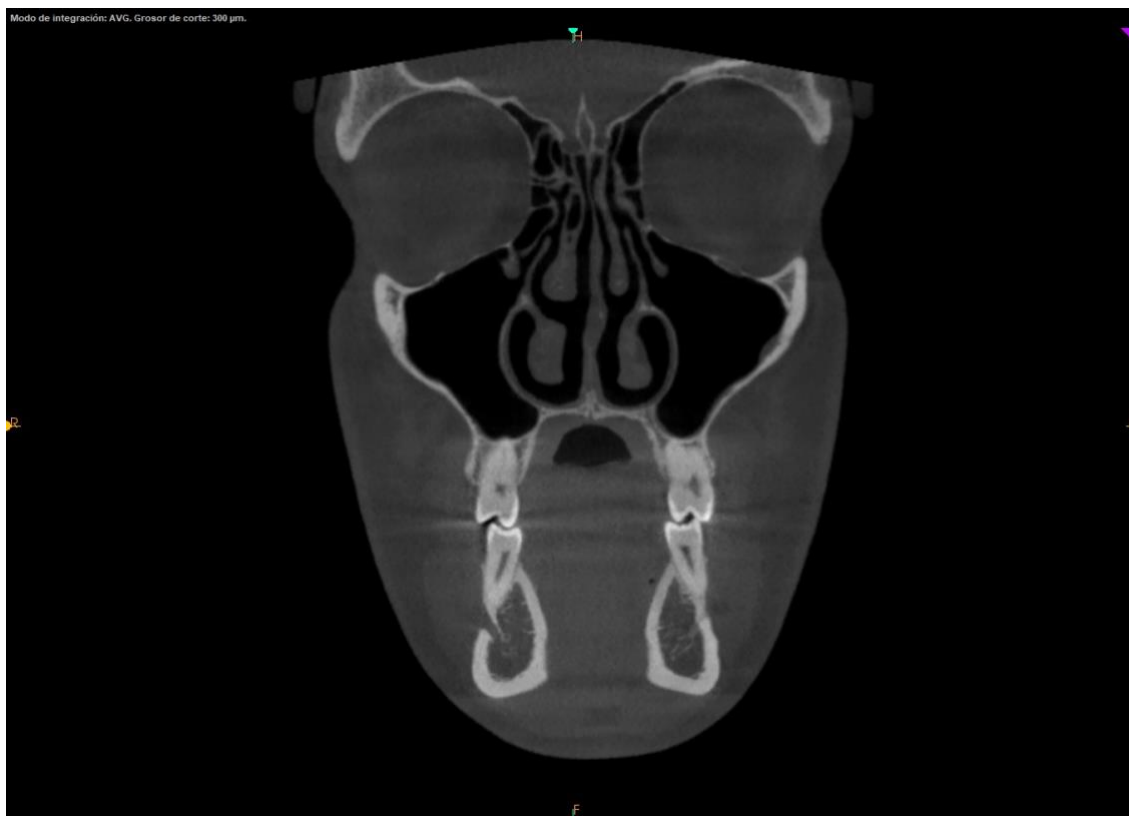


Figura 7 - Corte ortogonal do seio maxilar. Fotografia cedida pelo Prof. Doutor Santiago Jauregui.

A relação anatômica entre o SM e as raízes dos dentes posteriores maxilares é particularmente importante, uma vez que as raízes podem estender-se para perto ou mesmo para dentro da cavidade sinusal, influenciando as decisões cirúrgicas durante a colocação de implantes. Nesse contexto, quando um dente é perdido na região posterior da maxila, há uma reabsorção natural do processo alveolar e, ao mesmo tempo, ocorre a pneumatização do SM. Assim, haverá um aumento de volume em direção ao local onde existiam as raízes, o que muitas vezes dificulta ou impossibilita a colocação de implantes. Por esse motivo, deve ser realizado o procedimento de elevação do SM (de Sousa et al., 2022; Mahmood et al., 2023).

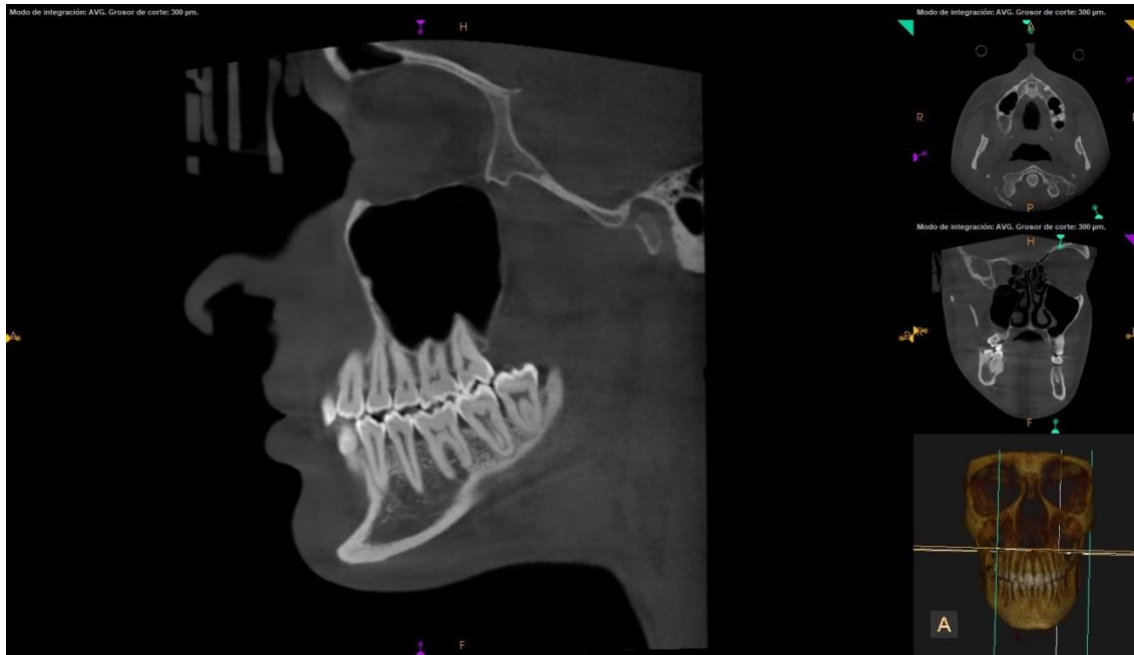


Figura 8 - Imagem de um corte sagital oblíquo demonstrando a relação entre o seio maxilar saudável e as raízes dos dentes posteriores. Fotografia cedida pelo Prof. Doutor Santiago Jaureguy.

A proximidade do SM com as raízes dos molares e pré-molares superiores apresenta desafios significativos na implantologia dentária, visto que as raízes desses dentes podem estar em estreito contacto com o fundo do SM, dificultando a colocação dos implantes, o que aumenta o risco de complicações, como a perfuração da membrana sinusal. Além disso, a relação entre o SM e os implantes dentários é de extrema importância, uma vez que a colocação inadequada dos implantes pode igualmente resultar na sua falha e, como também noutras complicações, incluindo sinusite e formação de fístula oroantral (Li et al., 2020; Nogami et al., 2016).

A utilização do CBCT no período pré-cirúrgico permite uma abordagem personalizada, permitindo ao médico dentista planejar o procedimento com base nas variações anatómicas e, avaliar detalhadamente a anatomia do SM, incluindo a altura da crista alveolar (Çam & ZengiN, 2024; Khalighi Sigaroudi et al., 2017; Raghav et al., 2014).

Dada a importância da avaliação pré-cirúrgica, o CBCT assume uma função determinante quanto à visualização da relação entre as raízes dos dentes maxilares e o assoalho do SM, particularmente nos casos em que há dúvida quanto à protrusão radicular. Este tipo de exame imagiológico é essencial para identificar potenciais complicações e informar a

escolha da abordagem cirúrgica adequada (Costa et al., 2023; Elsaadawy et al., 2023; Mesquita et al., 2014).

2.1.1.5. Septos

A cavidade do seio maxilar é normalmente subdividida por septos. Os septos do seio maxilar são finas paredes de osso cortical que se projetam a partir do piso do seio. Além disso, o padrão irregular de reabsorção do processo alveolar maxilar leva à formação de cristas ósseas no piso do seio. Krennmair classificou os septos em primários e secundários, onde os primários se formam durante o desenvolvimento do maxilar, ou seja, origem na diversidade congênita e, os secundários podem desenvolver-se após a perda de dentes e a pneumatização irregular do pavimento do seio maxilar. A prevalência dos septos varia de 10% a 58% na literatura (Assari et al., 2022; Hungerbühler et al., 2019).

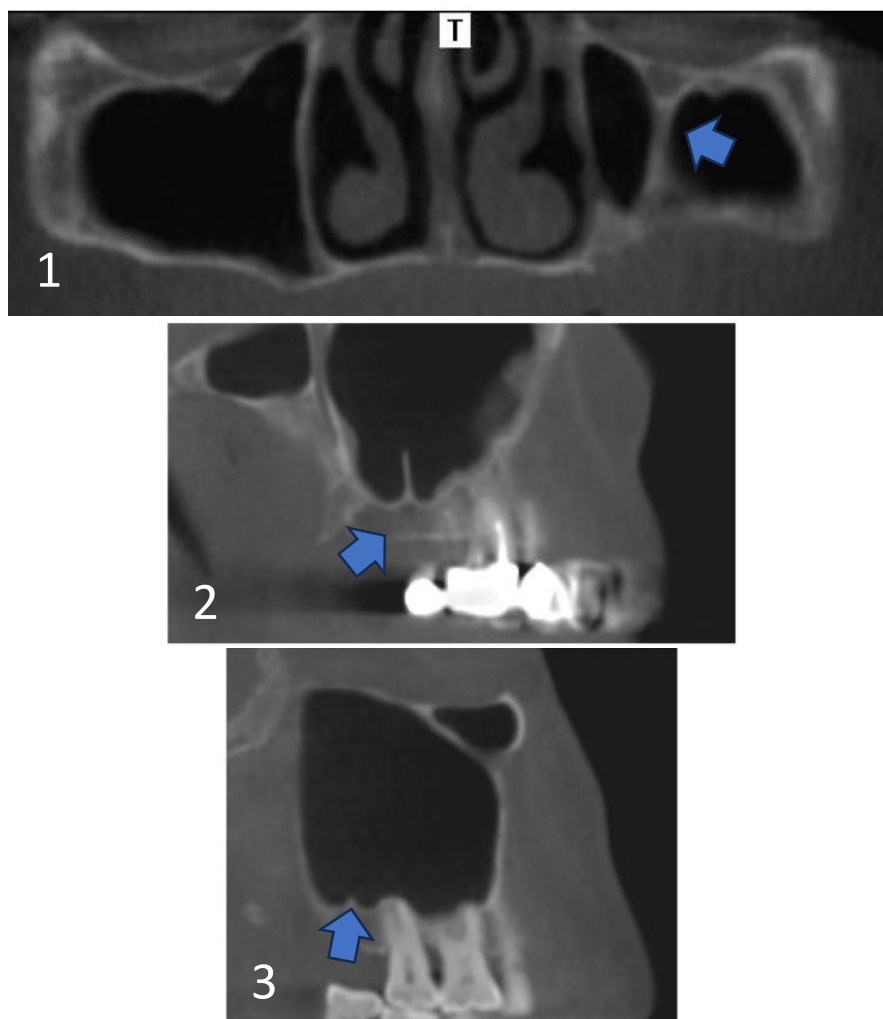


Figura 9 - Orientação dos septos no CBCT: (1) sagital, (2) coronal, (3) transversal. Retirado de (Hungerbühler et al., 2019)

O planeamento de implantes na maxila é frequentemente complicado pela atrofia óssea do processo alveolar, que ocorre principalmente na região distal do rebordo alveolar. Com uma altura óssea vertical mais baixa induzida pela reabsorção após a perda de dentes, a necessidade de elevação do pavimento do seio maxilar aumenta. A necessidade de procedimentos de elevação do pavimento do seio maxilar é também influenciada pelo planeamento de implantes protéticos, aumentando o osso onde é necessário. A presença de septos do seio maxilar influencia qualquer procedimento de elevação do pavimento do seio, uma vez que a força adesiva da membrana Schneideriana é maior na área de um septo maxilar (Hungerbühler et al., 2019).



Figura 10 - A) Septos completos que separam o seio em dois compartimentos; B) Dois implantes dentários e materiais de enxerto nos compartimentos do seio; C) septos entre os implantes (setas brancas). Retirado de (Koymen et al., 2009)

Os septos foram considerados clinicamente insignificantes até que complicações cirúrgicas relacionadas à elevação e aumento do seio maxilar começaram a ser relatadas. A perfuração da membrana de Schneider é a complicação mais comumente relatada após procedimentos de elevação do seio, frequentemente associada à presença de septos maxilares. Para garantir um aumento bem-sucedido do seio e evitar complicações durante o procedimento, é crucial avaliar os septos antes da cirurgia. Com o *software* de planeamento digital de implantes baseado em CBCT, podem ser detetados possíveis riscos, tais como septos do seio maxilar interferentes (Assari et al., 2022; Hungerbühler et al., 2019).

2.1.1.6. Artéria Alveolar Superior Posterior

A artéria alveolar superior posterior (AASP) é um ramo da artéria maxilar, que se origina da artéria carótida externa. Esta por sua vez, fornece sangue para os molares superiores,

para o SM e para os tecidos gengivais circundantes. A AASP normalmente corre ao longo da parede lateral do SM e pode apresentar ramificações, o que pode influenciar significativamente os procedimentos cirúrgicos nesta área (Dworski et al., 2023; Tofangchiha et al., 2022).

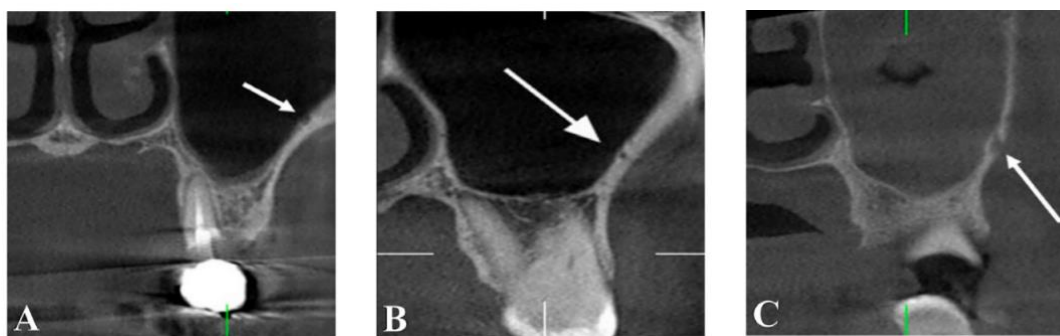


Figura 11 - Tipos de AASP: A- Intrasinusoidal; B- Intraóssea; C- Superficial. Retirado de (Tofangchiha et al., 2022).

A proximidade da AASP ao SM e ao rebordo alveolar é crítica quando se planeia a colocação de implantes dentários. A localização da artéria pode afetar a escolha das técnicas cirúrgicas, particularmente em procedimentos de elevação do SM, onde o risco de danificar a artéria aumenta. A compreensão da sua anatomia permite intervenções cirúrgicas mais seguras, minimizando o risco de complicações como hemorragia excessiva durante a colocação de implantes (McDaniel et al., 2024; Radmand et al., 2023; Tehrani et al., 2017).

A AASP anastomosa-se com a artéria infraorbitária no tecido bucal. Em casos de hemorragia durante a osteotomia, o controle deve ser realizado por meio de compressão ou cauterização. Em situações onde o diâmetro dos vasos comprometidos é maior, espera-se uma hemorragia mais abundante (Mardinger et al., 2007).

De acordo com o estudo feito por Hakiem Tawfiew et al., em 2023, o sexo feminino apresentou maior prevalência da AASP do que o sexo masculino em ambos os lados, e a diferença foi significativa em termos globais. Além disso, a existência da artéria para cada lado e total na localização intramembranosa no sexo feminino é maior do que no sexo masculino, o que pode demonstrar que a probabilidade de hemorragia e outros efeitos secundários é maior no sexo masculino, uma vez que a existência de artéria na área

intramembranosa no sexo feminino reduzirá a probabilidade de lesão traumática ao longo de qualquer tratamento cirúrgico (Hakiem Tawfieg et al., 2023).

2.1.1.7. Buraco Mentoniano

O buraco mentoniano (BM) é uma estrutura anatômica localizada na superfície anterior da mandíbula, variando tanto horizontalmente quanto verticalmente. Segundo, Fishel et al., em 1976 no plano horizontal, 70% dos BM foram identificados na região situada entre os dois pré-molares, enquanto 22% foram localizados na área apical dos pré-molares. No plano vertical, a maior proporção dos BM foi observada acima do nível dos ápices dos pré-molares. Assim sendo, podemos considerar que o BM situa-se entre as raízes do primeiro e segundo pré-molares mandibulares ou diretamente abaixo do ápice do segundo pré-molar. Este funciona como um canal para o nervo mentoniano, que inerva o lábio inferior, o mento e a gengiva vestibular dos incisivos inferiores (Al-Mahalawy et al., 2017; Fishel et al., 1976; Muinelo-Lorenzo et al., 2015).

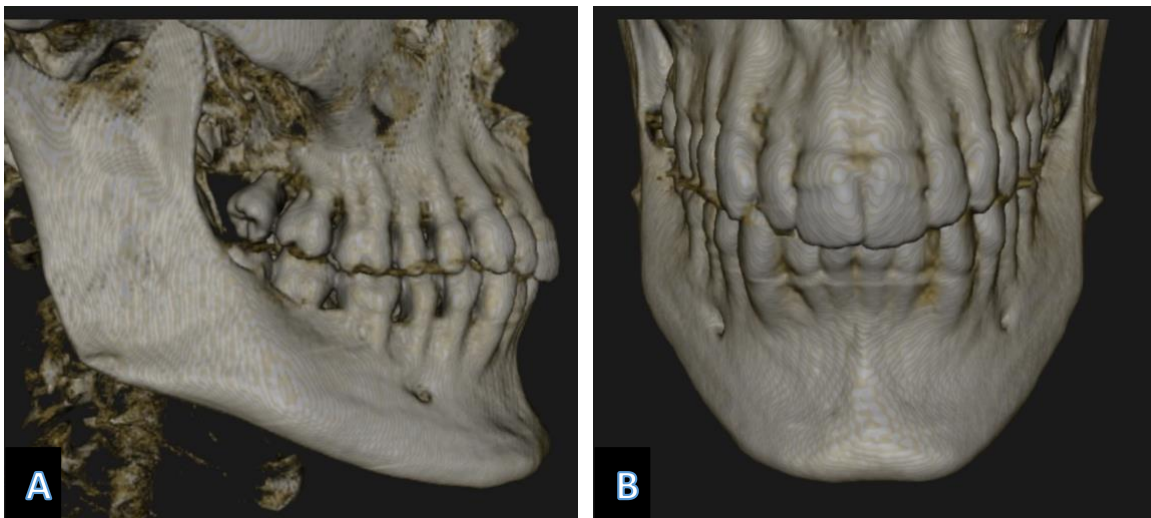


Figura 12 - A) Reconstrução 3D do Buraco mentoniano do lado direito; B) Reconstrução 3D do Buraco mentoniano bilateralmente. Fotografia cedida pelo Prof. Doutor Santiago Jaureguy.

A correta determinação da posição do BM é fundamental para garantir a anestesia local adequada e minimizar lesões iatrogênicas durante os procedimentos cirúrgicos. O nervo alveolar inferior passa frequentemente alguns milímetros à frente do BM, formando a chamada ansa anterior. A localização tanto do BM quanto da ansa anterior determina o limite distal para a colocação de implantes na região inter-mentoniana, sendo recomendável que os implantes sejam posicionados pelo menos 2 mm a mesial do ponto mais mesial da ansa. Assim sendo, os implantes podem ser colocados anterior, posterior

ou acima do BM. No entanto, antes de inserir um implante anterior, deve-se sondar o BM para excluir a possibilidade da presença de um *loop* anterior. Em geral, as parestesias podem ser evitadas ao localizar corretamente o BM (Juodzbaly et al., 2010).

As complicações decorrentes de um conhecimento inadequado da anatomia do BM podem ser graves. A lesão do nervo mentoniano pode resultar em défices sensoriais, como parestesia do lábio inferior e do mento, o que afeta significativamente a qualidade de vida do paciente. Em 2005, Elia et al., relataram que após a remoção do implante, ocorreu uma diminuição considerável da parestesia (Elia et al., 2005; Juodzbaly et al., 2013; Shaikh et al., 2022).

A anatomia do BM é caracterizada pela sua variabilidade em diferentes populações e indivíduos, estando localizado em diferentes distâncias da linha média da mandíbula, com uma distância média relatada de aproximadamente 25 mm. Fatores como idade e gênero também desempenham um papel importante nessa variação anatômica, sendo observado que, em média, pacientes caucasianos e idosos tendem a apresentar uma menor distância entre a cortical vestibular e o canal mandibular (Juodzbaly et al., 2010; Parnia et al., 2012).

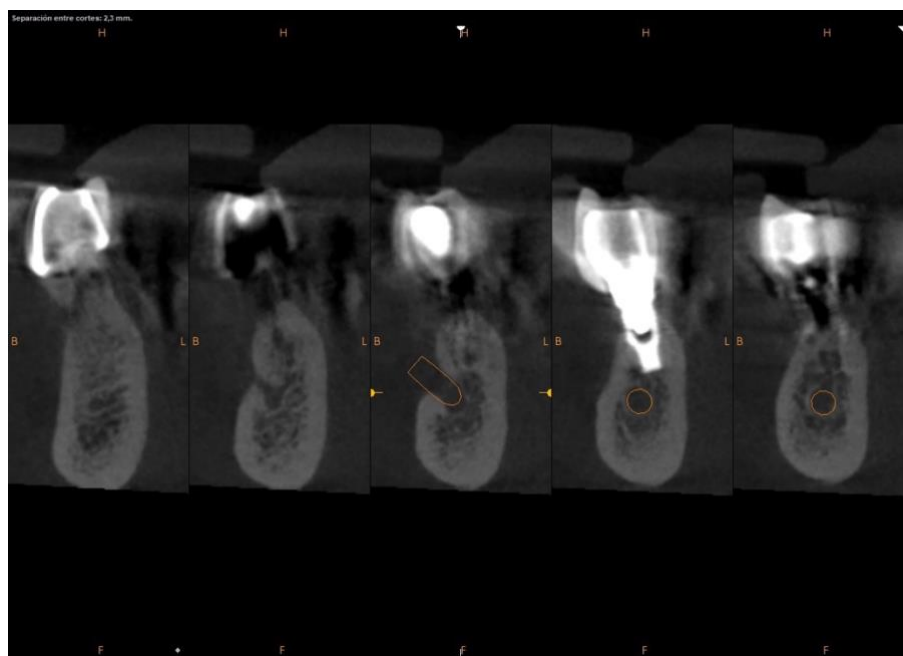


Figura 13 - Cortes ortorradiais do mentoniano. Fotografia cedida pelo Prof. Doutor Santiago Jauregui.

2.1.1.8. Buraco e Canal Sublingual

Atualmente, os implantes dentários são a opção preferencial para a reabilitação protética de pacientes edêntulos. Contudo, a colocação de implantes na região anterior da mandíbula pode resultar numa perfuração da cortical lingual, o que pode ocasionar hemorragias severas e potencialmente fatais devido à proximidade das artérias associadas ao buraco lingual. Assim, é essencial um conhecimento aprofundado da anatomia dessa área para prevenir complicações pós-operatórias (Vásquez, 2019).

O buraco lingual encontra-se situado na superfície interna da mandíbula e é um ponto de entrada para os canais ósseos. Estudos anteriores mostraram que por ser uma via para ramos das artérias sublingual e submentoniana, pode levar a complicações, como hemorragias, durante procedimentos cirúrgicos (Vásquez, 2019).

Em 2019, num estudo descritivo, retrospectivo e transversal de Vásquez com 225 CBCT de pacientes, observou-se que distância entre o buraco lingual e o rebordo alveolar foi ligeiramente maior no sexo feminino em comparação ao masculino e, o comprimento do buraco lingual foi ligeiramente maior em homens do que em mulheres. Este estudo alinha-se com pesquisas anteriores, como as realizadas em Líbano e na Roménia, que corroborando os resultados similares sobre a anatomia do buraco lingual (Vásquez, 2019).

A trajetória do canal lingual geralmente segue um percurso ascendente, indo de baixo para cima e de frente para trás, o que foi observado em 72% dos casos. Em 28%, no entanto, a trajetória é descendente, indo de cima para baixo e de frente para trás. No que diz respeito ao número de canais, 5 das 9 mandíbulas estudadas por Hidalgo et al., em 2010 apresentavam apenas um canal lingual, ao passo que as outras 4 possuíam dois canais. Quando dois canais estavam presentes, um seguia uma trajetória ascendente (com o forame na parte superior) e o outro descendente (com o forame inferior) (Hidalgo et al., 2010).

A visibilidade do canal nas radiografias depende da sua orientação em relação ao feixe de raios X, sendo mais visível quando é perpendicular ao feixe de RX, embora tenha sido visualizado em alguns casos mesmo sem estar perfeitamente alinhado (Hidalgo et al., 2010).

Relativamente às radiografias periapicais, quando o buraco lingual aparece, indica que o canal lingual tem uma trajetória ascendente e um diâmetro maior, levando ao aumento do risco de complicações cirúrgicas, como por exemplo lesões durante os procedimentos na região mandibular (Hidalgo et al., 2010).

A instalação de implantes próximos aos canais lingual pode causar danos aos nervos, levando a complicações como anestesia (perda de sensibilidade), parestesia (sensação anormal) ou disestesia (sensação dolorosa). Testes físicos, como discriminação de dois pontos, percepção de dor e sensibilidade à temperatura, são usados para detetar essas alterações. Contudo, as alterações neurossensoriais foram descritas como temporárias, de acordo com a classificação de Seddon e Sunderland, podendo ser classificadas como "Neurapraxia", que é uma interrupção temporária da transmissão nervosa causada por compressão do nervo, edema ou hematoma, com recuperação rápida, variando de dias a 12 semanas. No entanto, é ainda recomendado manter uma distância segura de 2 mm entre os implantes e o feixe neurovascular do buraco lingual para evitar essas complicações transitórias (Pérez-Vásquez & Vilma, 2019).

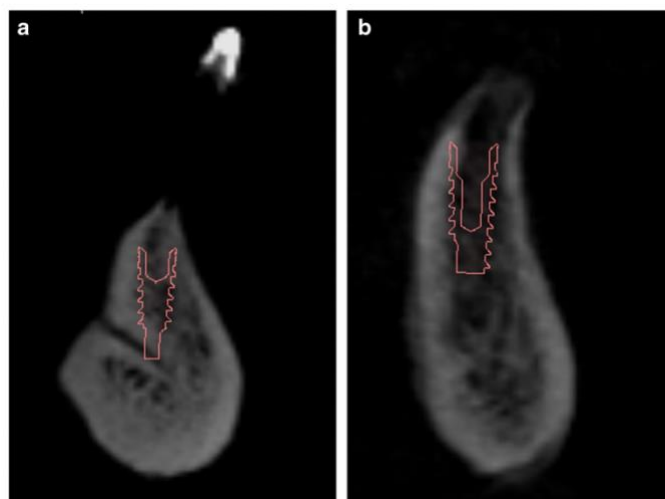


Figura 14 - a) Implante em contacto com o canal lingual; b) Implante sem contacto com o canal lingual. Retirado de (Pérez-Vásquez & Vilma, 2019).

2.1.1.9. Canal Mandibular

O canal mandibular, também designado de canal alveolar inferior, é um canal ósseo que contém o nervo alveolar inferior na sua zona esponjosa e permite a passagem da artéria alveolar inferior. Em conjunto com a veia alveolar inferior, estes constituem o feixe vasculonervoso alveolar inferior. O seu percurso tem início no buraco mandibular e termina no buraco mentoniano, por onde passa este feixe (Okumuş & Dumlu, 2019; Vendruscolo & Alegre, 2013).

Radiograficamente, o canal mandibular, na sua maioria, apresenta uma linha radiotransparente bem definida, delimitada por duas linhas radiopacas (Vendruscolo & Alegre, 2013).

A localização do canal mandibular é um fator crítico que pode influenciar a cirurgia de implantes dentários, uma vez que, apresenta uma incidência de 6,5% a 37% de paralisia temporária ou permanente, ou até mesmo perda sensorial, devido a danos no nervo alveolar inferior, resultantes de uma avaliação inadequada do comprimento ósseo e do uso subsequente de corpos de implantes com comprimentos excessivos. Portanto, para evitar danos, é crucial avaliar corretamente a localização do canal mandibular antes dos procedimentos de implantes dentários. Além disso, a espessura do osso cortical no local do implante é um fator crítico que afeta o sucesso da cirurgia, pois a estabilidade primária da inserção do corpo do implante no osso alveolar aumenta com a espessura do osso cortical. Uma melhor osteointegração melhora a taxa de sobrevivência a longo prazo do corpo do implante (Hsu et al., 2013).

A colocação de implantes dentários na região posterior da mandíbula é sempre um desafio para os cirurgiões dentistas quando existe uma atrofia óssea grave devido a perdas dentárias. A distância vertical reduzida entre a crista do rebordo alveolar e o teto do canal mandibular torna esta área inadequada para a utilização de implantes padrão acima do nervo alveolar inferior. Por conseguinte, para ter uma margem de segurança e não ferir com o nervo alveolar inferior ao perfurar o osso, recomenda-se a diminuição da distância

vertical em 2 mm para ser utilizada como o comprimento adequado do implante na região posterior da mandíbula. O implante mais curto disponível em tamanho é de 4 mm e, portanto, seguindo esta regra, é necessária uma distância vertical de pelo menos 6 mm para inserir um implante. Assim sendo, no estudo feito por Chavarry em 2019, constatou que implantes inseridos vestibularmente ao canal mandibular na região dos primeiros e segundos molares podem ser considerados eficazes e, como uma técnica alternativa para a reabilitação de rebordos atróficos posteriores com severa perda óssea vertical (Chavarry, 2019).

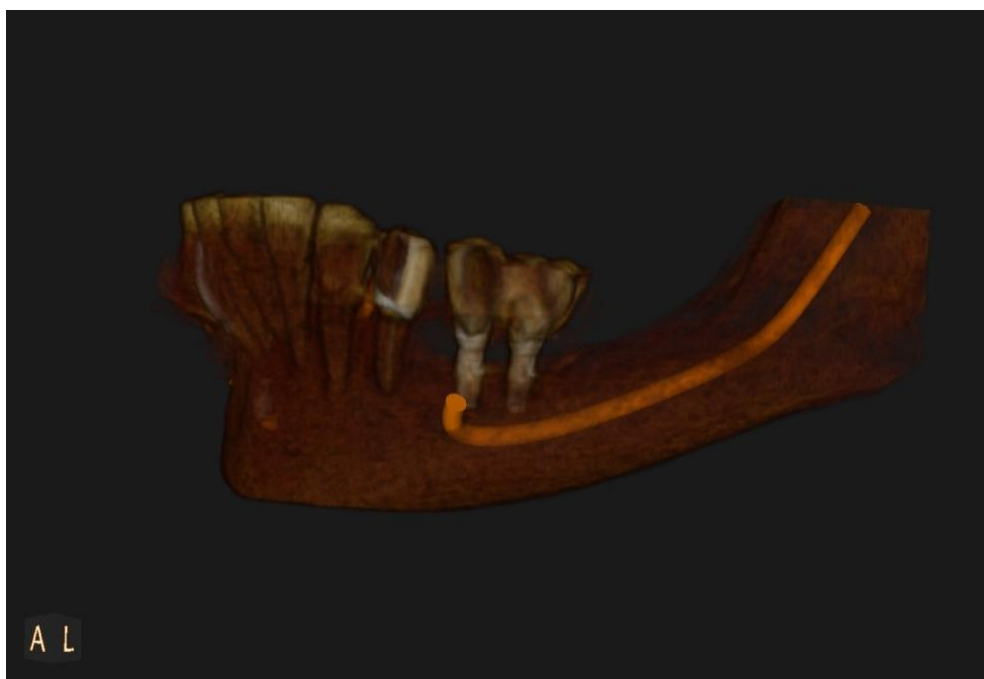


Figura 15 - Canal Mandibular. Fotografia cedida pelo Prof. Doutor Santiago Jaureguy.

2.1.2. Avaliação Óssea

O CBCT é uma ferramenta essencial na avaliação da densidade óssea em implantologia. Esta tecnologia permite, de forma precisa e tridimensional, a análise da qualidade e quantidade de osso disponível para colocação de implantes dentários. Através do CBCT, torna-se possível uma visualização detalhada das estruturas ósseas bem como a sua relação com as estruturas anatómicas adjacentes, sendo crucial para o planejamento pré-cirúrgico e a previsibilidade dos resultados.

Estudos têm evidenciado uma associação significativa entre elevada densidade óssea e a alta taxa de sucesso dos implantes dentários. Adicionalmente, observa-se uma boa correlação entre a densidade óssea elevada e a estabilidade primária dos implantes (Silva et al., 2012).

Em relação ao tipo de osso, existem duas classificações importantes a serem consideradas. Primeiramente, em 1985, Lekholm U, Zarb GA classificaram subjetivamente a densidade óssea em quatro tipos de osso com base na quantidade de osso cortical versus trabécula, como podemos verificar pela Figura 16:

Tipo 1: Osso compacto homogêneo;

Tipo 2: Camada espessa de osso compacto envolvendo um núcleo de osso trabecular denso;

Tipo 3: Fina camada de osso cortical envolvendo um osso trabecular denso, de resistência favorável;

Tipo 4: Fina camada de osso cortical envolvendo um núcleo de osso trabecular de baixa densidade (Chugh et al., 2013).

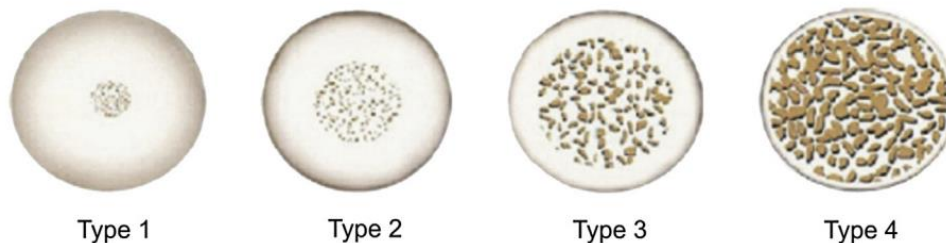


Figura 16 - Tipos de osso classificados de acordo com Lekholm e Zarb com base na quantidade de osso cortical versus trabecular. Retirado de (Chugh et al., 2013).

Seguidamente, descrito Misch CE, Kircos LT em 1999, foram identificadas quatro densidades ósseas distintas presentes na maxila e na mandíbula, observadas na Figura 17:

D1: Valores superiores a 1250 HU; Localização: principalmente na mandíbula anterior, prateleira bucal e região palatina média.

D2: Valores entre 850 e 1250 HU; Localização: principalmente na maxila anterior, região palatina média e mandíbula posterior.

D3: Valores entre 350 e 850 HU; Localização: principalmente na maxila e mandíbula posteriores.

D4: Valores entre 150 e 350 HU; Localização: principalmente na região da tuberosidade.

D5: Valores inferiores a 150 HU (Chugh et al., 2013).

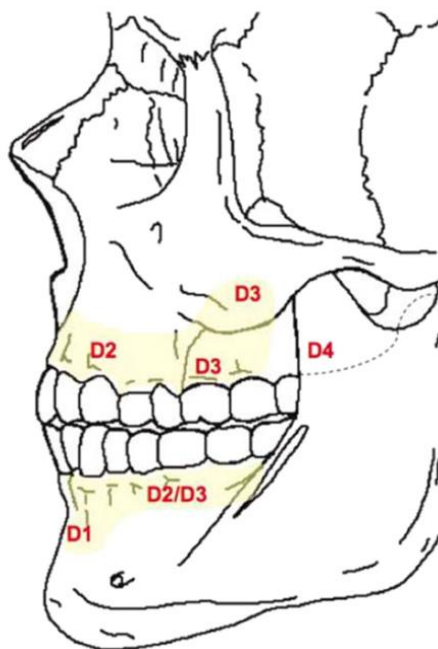


Figura 17 - Densidade óssea na maxila e na mandíbula de acordo com Misch. Retirado de (Chugh et al., 2013).

Segundo um estudo realizado por Silva et al., 2012, os implantes dentários instalados nos tipos de osso I, II e III tiveram uma taxa de sobrevivência significativamente mais elevada do que os implantes instalados no tipo de osso IV. Para reduzir as taxas de insucesso dos implantes, é clinicamente importante, ao selecionar um implante, ter em consideração a densidade óssea, uma vez que é um fator crítico para alcançar um elevado torque de inserção. Por conseguinte, é aconselhável adaptar os protocolos de perfuração de acordo com a densidade óssea da área reabilitada. Em situações que envolvam osso tipo IV, a utilização de brocas adicionais, como brocas macho roscadas e brocas corticais, é fortemente desaconselhada, uma vez que tais práticas podem comprometer totalmente o sucesso do tratamento (Silva et al., 2012).

A implementação do CBCT no planeamento pré-cirúrgico permite a quantificação da densidade óssea. No entanto, os valores de UH e os valores de cinza (VC) são métricas utilizadas em tomografias para avaliar a densidade óssea, as quais são cruciais na

implantologia. As UH são uma medida específica utilizada em TC que representa a densidade dos tecidos com base numa escala calibrada, variando de -1000 UH (ar) a +1000 UH (osso denso). Em contraste com o que ocorre no CBCT, onde não é possível a calibração manual, os valores utilizados, baseados na variação dos VC, são pré-definidos pelo fabricante (Cassetta et al., 2014; Köseoğlu Seçgin et al., 2021).

Por sua vez, como o CBCT é amplamente utilizado na medicina dentária devido ao menor custo, menor dose de radiação e alta resolução, os VC indicam o brilho de cada pixel da imagem. Embora as UH e os VC sejam diferentes, os VCs do CBCT são aplicados de forma semelhante às UH para avaliar a densidade óssea, essencial para o planeamento e sucesso dos implantes dentários. Desta forma, ajuda a determinar a qualidade do osso em que o implante será colocado, influenciando a estabilidade e integração do mesmo (Köseoğlu Seçgin et al., 2021).

2.1.3. Planeamento pré-operatório

O CBCT introduziu uma nova dimensão à implantologia, aprimorando significativamente todos os aspetos do processo clínico, desde o diagnóstico e planeamento do tratamento até a preparação e execução cirúrgica, bem como o acompanhamento e tratamento das complicações pós-operatórias. Este avanço tecnológico permite que os pacientes sejam tratados com maior precisão e previsibilidade (Angelopoulos & Aghaloo, 2011).

Um estudo de Buser et al. (2013) demonstrou que a colocação precoce de implantes, utilizando o CBCT, resultou em tecidos peri-implantares estáveis e resultados estéticos satisfatórios. O acompanhamento de 5 a 9 anos demonstrou um baixo risco de recessão da mucosa e sucesso na manutenção da parede óssea facial em 95% dos pacientes. Estes resultados evidenciam a importância de um planeamento cuidadoso, especialmente com a utilização do CBCT, que aumenta a qualidade diagnóstica e auxilia na tomada de decisões clínicas, oferecendo uma imagem radiográfica mais detalhada, permitindo ao clínico tomar uma decisão de diagnóstico com um determinado nível de certeza (Hussaini et al., 2024).

Segundo uma pesquisa realizada por Suomalainen et al., (2008), ao realizar medições lineares em imagens de CBCT tanto da altura como de largura, constataram que elas eram

confiáveis e precisas quando comparadas com as medições das mandíbulas de cadáveres. Como resultado, consideraram o CBCT uma ferramenta confiável para o planeamento de implantes (Suomalainen et al., 2008).

No contexto do planeamento pré-operatório, é essencial realizar uma avaliação minuciosa das estruturas anatómicas circundantes para garantir o sucesso do procedimento e minimizar o risco de complicações. Dentro das estruturas que requerem atenção especial, inclui-se o rebordo alveolar residual, o seio maxilar e o canal mandibular. A análise do rebordo alveolar residual, especialmente na maxila posterior, é crucial. A altura e a largura deste rebordo influenciam diretamente a viabilidade e a escolha das técnicas cirúrgicas, como o levantamento do seio maxilar, uma abordagem avançada frequentemente utilizada. Além disso, a avaliação do seio maxilar é fundamental para evitar complicações como a perfuração da membrana sinusal e lesões em estruturas vasculares importantes, como a AASP. De igual importância, a consideração do canal mandibular, que contém o nervo alveolar inferior, é imperativa no planeamento de implantes na mandíbula. A proximidade dos implantes ao canal pode resultar em complicações neurosensoriais (Genç et al., 2018).

A visualização e avaliação em 3D das estruturas de interesse durante a fase de planeamento do tratamento permitem a análise dos seguintes parâmetros:

- Determinação da altura, largura e qualidade relativa do osso disponível;
- Determinação da topografia 3D do rebordo alveolar;
- Identificação e localização de estruturas anatómicas vitais, como o nervo alveolar inferior, o buraco mentoniano, o canal incisivo, o seio maxilar e o pavimento da cavidade nasal;
- Identificação e avaliação 3D de possíveis patologias incidentais;
- Fabrico de guias cirúrgicas de implantes derivados de CBCT;
- Comunicação das informações de diagnóstico e de planeamento do tratamento a todos os membros da equipa de implantologia;
- Avaliação das opções protéticas/restaurativas através de aplicações de *software* (Benavides et al., 2012).

A AAOMR afirma que o sucesso de qualquer cirurgia depende, em parte, de diagnósticos precisos das estruturas ósseas da região oral, incluindo medições lineares exatas (Hussaini et al., 2024).

2.1.4. Prevenção de complicações cirúrgicas

A preparação adequada para os procedimentos cirúrgicos, especialmente no contexto da implantologia, exige uma abordagem metódica que vá além da simples avaliação física do paciente. Um dos aspectos cruciais do planejamento pré-cirúrgico é a análise detalhada do histórico médico e das práticas de higiene oral do paciente. A importância dessa avaliação é ressaltada pelo facto de que, pacientes com higiene oral deficiente apresentam um risco significativamente maior de desenvolver peri-implantite, uma condição inflamatória que pode comprometer seriamente o sucesso do implante e levar à sua falha (Ismail et al., 2022).

Dada a gravidade dessas possíveis complicações, é essencial que os pacientes sejam devidamente educados sobre a importância de manter uma boa higiene oral e de seguir rigorosamente os cuidados pós-operatórios. Essa educação é uma ferramenta preventiva vital para minimizar o risco de complicações e garantir a longevidade dos implantes. Além disso, a abordagem pré-cirúrgica deve incluir o tratamento de qualquer doença periodontal existente, uma vez que a resolução dessas condições pode melhorar significativamente as taxas de sucesso do procedimento de implante (Ismail et al., 2022; Kaur et al., 2021).

Adicionalmente, para garantir uma avaliação completa, É fundamental uma revisão detalhada do histórico médico e dentário do paciente. Condições como a diabetes, osteoporose ou doenças imunitárias podem aumentar o risco de fracasso do implante e de complicações pós-cirúrgicas. Além disso, certos medicamentos, como os bifosfonatos, podem afetar a cicatrização óssea e aumentar o risco de osteonecrose. Ao identificar precocemente estes fatores de risco, os médicos podem adaptar a sua abordagem, possivelmente alterando os planos de tratamento ou envolvendo cuidados multidisciplinares (Javed & Romanos, 2009; Madrid & Sanz, 2009).

Além disso, é essencial destacar a importância de orientar os pacientes a deixarem de fumar muito antes da cirurgia. Estudos demonstraram que a cessação do tabagismo antes da cirurgia pode melhorar significativamente os resultados cirúrgicos. Um estudo de Hajjar et al., em 2016, relatou que os doentes que deixaram de fumar 3-4 semanas antes da cirurgia registraram uma redução notável das complicações cirúrgicas (Hajjar et al., 2016).

É pertinente destacar que, a obtenção do consentimento informado não só assegura que os pacientes compreendam os riscos e benefícios do procedimento, mas também promove uma maior adesão às orientações pré e pós-operatórias.

O consentimento informado é um componente crítico da prática médica ética, particularmente em procedimentos cirúrgicos como a colocação de implantes dentários. Consequentemente, garante que os pacientes estão plenamente conscientes dos riscos, dos benefícios e das alternativas ao tratamento proposto. A investigação feita por Esau et al., 2016 enfatiza que, apesar dos potenciais riscos e complicações associados aos implantes dentários, os médicos devem apresentar as opções de tratamento de forma clara e sem preconceitos para facilitar as decisões informadas dos pacientes. Esta clareza é essencial para que os pacientes forneçam um consentimento informado, uma vez que lhes permite pesar os potenciais benefícios contra os riscos envolvidos (Esau et al., 2016).

2.2. Importância do CBCT numa fase pós-cirúrgica

O CBCT desempenha um papel crucial na fase pós-cirúrgica, oferecendo vários benefícios importantes para a monitorização e avaliação dos resultados dos implantes. É, frequentemente, utilizado na avaliação pós-operatória para avaliar o enxerto ósseo e a posição do implante na cavidade oral, tornando-se assim uma excelente modalidade de imagem para o planeamento da colocação de implantes. Aliado a isso, o CBCT pode ajudar a garantir que o implante é colocado corretamente em relação a estruturas anatómicas críticas, como o nervo alveolar inferior (Khongkhunthian et al., 2017; Meer Rownaq Ali et al., 2019).

A avaliação do sucesso dos implantes dentários após a sua colocação depende de vários fatores, incluindo os exames clínicos e radiográficos. As radiografias intraorais em 2D

são úteis para determinar o suporte ósseo alveolar e monitorizar a progressão ao longo do tempo, mas têm limitações tais como referimos anteriormente, como o posicionamento do paciente e a sobreposição de imagens. Assim sendo, comparando as radiografias intraorais e o CBCT podemos afirmar que, embora as radiografias 2D possam detetar pequenas mudanças ósseas no curto prazo com precisão, o CBCT é superior na deteção de defeitos circunferenciais peri-implantares, intraósseos e fenestrações, embora seja menos eficaz na visualização de deiscências ósseas. Deste modo, tanto o CBCT quanto as radiografias 2D proporcionam uma avaliação clinicamente aceitável dos níveis ósseos peri-implantares. No entanto, o CBCT é recomendado em cenários específicos, como procedimentos de aumento ósseo ou em casos persistentes de dor ou parestesia (Weiss & Read-Fuller, 2019).

A aplicação deste tipo de imagiologia 3D oferece uma visualização bucolingual, dados volumétricos do osso e avaliação morfológica dos implantes. Mas, apesar das mudanças contínuas em implantologia, ainda não há consenso sobre o abandono das medidas em 2D para avaliar os níveis ósseos peri-implantares. No entanto, com o foco crescente em enxertos ósseos, aumento do seio maxilar, perda óssea peri-implantar severa, e novos designs de implantes, é importante questionar o uso contínuo de diagnósticos em 2D. A avaliação da cicatrização óssea tridimensional, só pode ser adequadamente realizada por meio de imagens 3D, como as fornecidas pelo CBCT (Jacobs et al., 2018; Weiss & Read-Fuller, 2019).

Na avaliação pós-operatória, o CBCT tem um bom desempenho na cicatrização e nas complicações que possam ocorrer, principalmente relacionadas com a lesão de estruturas neurovasculares. Nestes casos, os implantes dentários têm de ser removidos. A colocação de implantes gera um risco de lesões no nervo trigêmeo (12%), hemorragia intraoral, pneumatização do seio maxilar e obstrução das vias aéreas superiores. As causas mais frequentes de lesões iatrogénicas do nervo trigêmeo relacionadas à colocação de implantes dentários incluem a avaliação radiológica inadequada, razão pela qual se recomenda a utilização de CBCT com um pequeno FOV aquando da colocação de implantes no ramo mandibular (Jacobs et al., 2018).

2.2.1. Avaliação da perda óssea

A perda óssea crestal inicial em implantes, observada durante a cicatrização e o primeiro ano de função, é geralmente maior do que a perda óssea nos anos seguintes, independentemente do tipo de implante. Os fatores possíveis para essa perda precoce incluem trauma cirúrgico, sobrecarga oclusal, peri-implantite, microgap, largura biológica e o módulo de crista do implante. Estudos mostram que o stresse se concentra na região crestal quando os materiais com diferentes módulos de elasticidade são combinados. Esse stresse excessivo pode iniciar a perda óssea na região crestal após a carga da prótese, explicando padrões de perda óssea marginal observados em alguns implantes após o primeiro ano de função. A densidade óssea também pode influenciar a perda óssea precoce e, implantes com carga progressiva de acordo com a densidade óssea podem apresentar menos perda óssea comparados aos implantes com carga contínua. O tamanho e a posição da largura biológica, que estão relacionados com o grau de perda óssea inicial, podem ser influenciados pelo microgap, design do módulo de crista do implante e outros fatores. Embora a reconstituição da largura biológica não seja o único fator, ela, juntamente com sobrecarga oclusal, microgap e módulo de crista do implante, são as causas mais prováveis da perda óssea inicial. No entanto, fatores como trauma cirúrgico e peri-implantite também podem contribuir. A falta de estudos comparativos sobre esses fatores destaca a necessidade de ensaios clínicos aleatórios e controlados para elucidar os mecanismos da perda óssea inicial no implante (T. Oh et al., 2002).

Estudos longitudinais sobre implantes dentários indicam uma taxa de falhas iniciais de aproximadamente 1,5% e de 3% a longo prazo, com peri-implantite sendo a principal causa de perda tardia do implante. A perda óssea marginal, que ocorre na região cervical periapical após a colocação do implante, é comum no primeiro ano e tem múltiplas causas. Casos de perda óssea marginal precoce muitas vezes permanecem estáveis a longo prazo, mas a acumulação de biofilme pode levar à mucosite e, eventualmente, à peri-implantite, especialmente quando há falta de terapia de suporte peri-implantar, imunidade reduzida e sobrecarga oclusal. A perda óssea marginal inicial pode prever o sucesso do implante e é um indicador de risco para peri-implantite (Arai et al., 2024).

Em implantologia, a colocação de implantes é atualmente considerada bem-sucedida quando a perda óssea marginal precoce é $< 0,5$ mm nos primeiros 6 meses após a carga. Perda óssea superior a 0,5 mm aumenta a probabilidade de patologia peri-implantar mais grave subsequentemente e de resultados radiológicos negativos em avaliações de

acompanhamento. A perda óssea marginal precoce é conhecida por ser influenciada por fatores cirúrgicos (mau posicionamento do implante/largura insuficiente da crista óssea, trauma cirúrgico e fenótipo do tecido mole peri-implantar), bem como por fatores protéticos (posicionamento vertical da borda do implante em relação à crista alveolar, reconexões e desconexões repetidas do abutment, altura do abutment protético, estabilidade mecânica da conexão implante-abutment e adaptação óssea estrutural à carga funcional) (Quispe-López et al., 2024).

A avaliação da perda óssea decorrente da peri-implantite é crucial para a manutenção da saúde de implantes dentários e do sucesso a longo prazo dos tratamentos implantológicos. A peri-implantite pode ser avaliada de forma eficaz utilizando o CBCT. Este método de imagem permite a detecção precoce de perda óssea marginal, crucial para o planejamento do tratamento e o prognóstico. No estudo mencionado por Song et al., em 2021, o CBCT demonstrou uma alta precisão na avaliação e classificação de defeitos ósseos peri-implantares, com uma sensibilidade de 100%, em comparação com a radiografia intraoral (IO), que apresentou uma sensibilidade significativamente menor (69-63%). Esta superioridade do CBCT deve-se à sua capacidade de fornecer imagens 3D detalhadas, permitindo uma avaliação mais precisa da morfologia e extensão da perda óssea. As medições feitas com o CBCT apresentaram alta correlação com o padrão-ouro, a microtomografia computadorizada (micro-CT), indicando que o CBCT é confiável para quantificar a perda óssea. Dessa forma, a utilização do CBCT na avaliação da peri-implantite oferece informações detalhadas sobre a extensão da perda óssea, permitindo intervenções mais precisas e eficazes no tratamento dos implantes dentários. A capacidade de visualização tridimensional e a precisão nas medições fazem da CBCT uma ferramenta valiosa na prática clínica para o diagnóstico e tratamento da peri-implantite (Song et al., 2021).

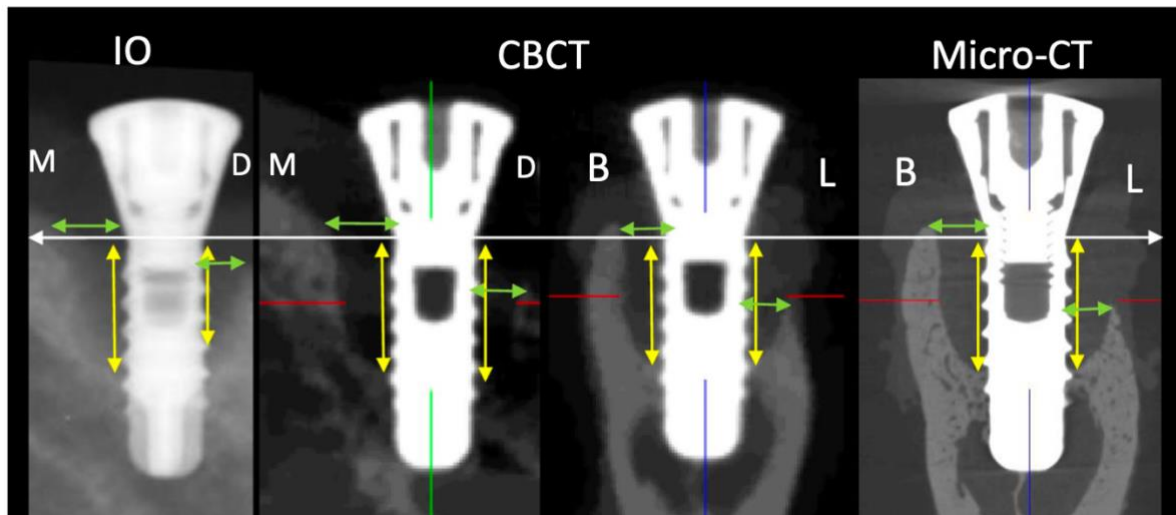


Figura 18 - Comparação do método de medição da profundidade e largura em radiografia intra-oral (IO), TC de feixe cônico (CBCT) e microtomografia computadorizada (micro-CT). Seta branca, ombro do implante como referência; Seta amarela, profundidade do defeito ósseo (do ombro do implante até à crista óssea). Retirado de (Song et al., 2021).

2.2.2. Complicações cirúrgicas pós-operatórias

As lesões nervosas são uma complicação preocupante após a colocação de implantes dentários. Estas lesões podem ocorrer devido à proximidade do implante com estruturas nervosas sensíveis na região maxilar ou mandibular. Em 2016, Rydholm et al., definiram parestesia como um fenómeno subjetivo amplamente descrito como uma sensação cutânea de formigueiro, picadas, dormência, calor ou frio. Embora casos de sensações alarmantes e dolorosas tenham sido relatados sob o termo parestesia, o fenómeno geralmente é indolor. A parestesia transitória também pode ser desencadeada por vários agentes químicos e é listada como um efeito colateral de inúmeros medicamentos (Rydholm et al., 2016).

As parestesias podem também ser provocadas pela neurotoxicidade das soluções anestésicas. Os dados corroboram estudos anteriores e indicam que as soluções anestésicas a 4%, como prilocaína e articaína, apresentam uma maior associação com o desenvolvimento de parestesia em comparação com soluções de menor concentração. Assim, é crucial que os dentistas considerem esses resultados ao avaliar os riscos e benefícios da utilização de anestésicos locais a 4% para a anestesia do bloco mandibular. Os resultados indicam que a parestesia frequentemente envolve o nervo lingual (89% dos casos). A maior suscetibilidade do nervo lingual à parestesia pode ser devido à sua

estrutura unifascicular, em comparação com o nervo alveolar inferior, que é multifascicular (Garisto et al., 2010).

A infecção é uma das principais causas de insucesso na colocação de implantes dentários, podendo levar à não osteointegração ou perda óssea ao redor de implantes osteointegrados. Para prevenir infecções e perda do implante, a profilaxia antibiótica visa alcançar altas concentrações plasmáticas de antibiótico durante e após a cirurgia. Inicialmente, os protocolos recomendavam uma dose pré-operatória seguida por um regime prolongado de antibióticos por dez dias, mas atualmente a prática comum é limitar a profilaxia a um máximo de três dias pós-cirurgia, pois não há evidências de proteção adicional com regimes mais longos. Estudos como o de Hossein et al., em 2005, indicam que não há diferença significativa na taxa de falhas de implantes entre regimes de profilaxia com uma única dose pré-operatória e regimes prolongados. A profilaxia antibiótica desempenha um papel crucial na prevenção de complicações cirúrgicas em implantologia dentária. Embora a administração de antibióticos ajude a reduzir o risco de infecção e, conseqüentemente, de falhas nos implantes, é essencial que a prática esteja alinhada com as diretrizes atualizadas para evitar a resistência antimicrobiana e garantir a eficácia (Esposito et al., 2013; Hossein et al., 2005).

Goodacre e os seus colaboradores, em 2004 observaram que 24% dos locais de implantes dentários apresentam equimoses no pós-operatório, e a localização dessas manchas pode ser influenciada pela gravidade da lesão. A presença de uma equimose geralmente não requer tratamento específico, mas é importante que as instruções pós-operatórias informem e tranquilizem os pacientes sobre a normalidade desta condição (Goodacre et al., 2004).

III. CONCLUSÃO

A implantologia revolucionou a reabilitação oral ao oferecer soluções duradouras e esteticamente satisfatórias para a substituição da perda dentária. A evolução das técnicas e materiais de implantes dentários tem sido acompanhada por avanços significativos com tecnologias de imagem, que desempenham um papel crucial na precisão e sucesso dos procedimentos implantológicos. Dentre essas tecnologias, o CBCT destaca-se como uma ferramenta fundamental na prática moderna da implantologia.

A importância do CBCT na fase pré-cirúrgica não pode ser subestimada. Antes da realização de qualquer procedimento cirúrgico, é necessário realizar uma avaliação detalhada da anatomia do paciente. O CBCT proporciona uma visão tridimensional precisa e abrangente das estruturas ósseas e dos tecidos moles, permitindo uma análise minuciosa da qualidade e quantidade óssea disponível. Isso é particularmente relevante para a identificação de potenciais limitações, como a presença de estruturas anatómicas críticas (nervos, seios maxilares) e variações na densidade óssea que podem influenciar o planejamento do implante. A visualização tridimensional do CBCT permite a elaboração de um plano cirúrgico mais preciso, reduzindo o risco de complicações e melhorando a previsibilidade dos resultados. Além disso, a capacidade de realizar simulações virtuais do posicionamento dos implantes contribui para um planejamento mais eficaz e personalizado, aumentando as chances de sucesso do tratamento.

Na fase pós-cirúrgica, o CBCT continua a desempenhar um papel crucial na monitorização e avaliação dos resultados do procedimento implantológico. O acompanhamento contínuo com CBCT também permite a avaliação da evolução do processo de cicatrização e o planejamento de intervenções adicionais, se necessário. A precisão fornecida pelo CBCT ajuda a garantir que o implante esteja corretamente posicionado e que a cicatrização esteja a progredir conforme o esperado, contribuindo para a longevidade e funcionalidade do implante.

Com este trabalho, conclui-se que é necessário melhorar a base de conhecimentos dos estudantes relativamente ao CBCT e atribuir mais tempo curricular para os educar sobre

esta modalidade de imagiologia avançada, que está a tornar-se cada vez mais um procedimento padrão em várias especialidades dentárias.

IV. BIBLIOGRAFIA

Abramovitch, K., & Rice, D. D. (2014). Basic Principles of Cone Beam Computed Tomography. *Dental Clinics of North America*, 58(3), 463–484. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2014.03.002>

Al-Mahalawy, H., Al-Aithan, H., Al-Kari, B., Al-Jandan, B., & Shujaat, S. (2017). Determination of the position of mental foramen and frequency of anterior loop in Saudi population. A retrospective CBCT study. *The Saudi Dental Journal*, 29(1), 29–35. <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2017.01.001>

Angelopoulos, C., & Aghaloo, T. (2011). Imaging Technology in Implant Diagnosis. *Dental Clinics of North America*, 55(1), 141–158. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2010.08.001>

Arai, Y., Takashima, M., Matsuzaki, N., & Takada, S. (2024). Marginal bone loss in dental implants: A literature review of risk factors and treatment strategies for prevention. *Journal of Prosthodontic Research*, JPR_D_23_00223. https://doi.org/10.2186/jpr.JPR_D_23_00223

Arruda, J. A., Silva, P., Silva, L., Álvares, P., Silva, L., Zavanelli, R., Rodrigues, C., Gerbi, M., Sobral, A. P., & Silveira, M. (2017). Dental Implant in the Canalis Sinuosus: A Case Report and Review of the Literature. *Case Reports in Dentistry*, 2017, 1–5. <https://doi.org/10.1155/2017/4810123>

Assari, A., Alotaibi, N., Alajaji, M. A., Alqarni, A., & Ali Alarishi, M. (2022). Characteristics of Maxillary Sinus Septa: A Cone-Beam Computed Tomography Evaluation. *International Journal of Dentistry*, 2022, 1–5. <https://doi.org/10.1155/2022/2050257>

Battaglia, P., Turri-Zanoni, M., Lepera, D., Sica, E., Karligkiotis, A., Dallan, I., & Castelnovo, P. (2016). Endoscopic transnasal approaches to pterygopalatine fossa tumors. *Head & Neck*, 38(S1). <https://doi.org/10.1002/hed.23972>

Benavides, E., Rios, H. F., Ganz, S. D., An, C.-H., Resnik, R., Reardon, G. T., Feldman, S. J., Mah, J. K., Hatcher, D., Kim, M.-J., Sohn, D.-S., Palti, A., Perel, M. L., Judy, K. W.

M., Misch, C. E., & Wang, H.-L. (2012). Use of Cone Beam Computed Tomography in Implant Dentistry: The International Congress of Oral Implantologists Consensus Report. *Implant Dentistry*, 21(2), 78–86. <https://doi.org/10.1097/ID.0b013e31824885b5>

Biafora, M., Bertazzoni, G., & Trimarchi, M. (2014). Maxillary Sinusitis Caused by Dental Implants Extending into the Maxillary Sinus and the Nasal Cavities. *Journal of Prosthodontics*, 23(3), 227–231. <https://doi.org/10.1111/jopr.12123>

Cassetta, M., Stefanelli, L. V., Pacifici, A., Pacifici, L., & Barbato, E. (2014). How Accurate Is CBCT in Measuring Bone Density? A Comparative CBCT-CT In Vitro Study. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 16(4), 471–478. <https://doi.org/10.1111/cid.12027>

Çam, K., & ZengiN, A. Z. (2024). Evaluation of the Localization of Posterior Superior Alveolar Artery and Infraorbital Foramen Originating From the Same Source by Using Conic Beam Computed Tomography. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4879876/v1>

Chavarry, N. G. M. (2019). Dental implants placed buccally to the mandibular canal in molar regions with severe vertical bone loss: Case reports. *Rio de Janeiro Dental Journal (Revista Científica Do CRO-RJ)*, 4(1), 107–113. <https://doi.org/10.29327/24816.4.1-18>

Chugh, T., Jain, A. K., Jaiswal, R. K., Mehrotra, P., & Mehrotra, R. (2013). Bone density and its importance in orthodontics. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*, 3(2), 92–97. <https://doi.org/10.1016/j.jobcr.2013.01.001>

Costa, T. D., Aguiar, L., Lima, B., Filho, W., Meireles, A., Souza, L., Silva, T., & Takeshita, W. (2023). A radiografia panorâmica é confiável para avaliar a relação entre as raízes dos molares e pré-molares superiores e o seio maxilar? ¿Es confiable la radiografia

panorámica para evaluar la relación entre las raíces de los molares y premolares maxilares y el seno maxilar? 12(4).

Davidopoulou, S., Karakostas, P., Batas, L., Barmapalexis, P., Assimopoulou, A., Angelopoulos, C., & Tsalikis, L. (2024). Multidimensional 3D-Printed Scaffolds and Regeneration of Intrabony Periodontal Defects: A Systematic Review. *Journal of Functional Biomaterials*, 15(2), 44. <https://doi.org/10.3390/jfb15020044>

Dawood, A., Patel, S., & Brown, J. (2009). Cone beam CT in dental practice. *British Dental Journal*, 207(1), 23–28. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2009.560>

De Faria Vasconcelos, K., Evangelista, K., Rodrigues, C., Estrela, C., De Sousa, T., & Silva, M. (2012). Detection of periodontal bone loss using cone beam CT and intraoral radiography. *Dentomaxillofacial Radiology*, 41(1), 64–69. <https://doi.org/10.1259/dmfr/13676777>

de Sousa, F. O., Kassis, E. N., & Manzini, R. (2022). Molecular, cellular and surgical processes of osseointegration for dental implants: A systematic review. 3.

Du Bois, A., Kardachi, B., & Bartold, P. (2012). Is there a role for the use of volumetric cone beam computed tomography in periodontics? *Australian Dental Journal*, 57(s1), 103–108. <https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.2011.01659.x>

Durack, C., & Patel, S. (2012). Cone Beam Computed Tomography in Endodontics. *Braz Dent J*.

Dworski, K., Mazurek, M., & Domański, J. (2023). Posterior superior alveolar artery – an anatomical and clinical case report. *Medical Journal of Cell Biology*, 11(3), 93–97. <https://doi.org/10.2478/acb-2023-0016>

Elian, N., Mitsias, M., Eskow, R., Jalbout, Z. N., Cho, S.-C., Froum, S., & Tarnow, D. P. (2005). Unexpected Return of Sensation Following 4.5 Years of Paresthesia: Case Report: *Implant Dentistry*, 14(4), 364–370. <https://doi.org/10.1097/01.id.0000190252.60779.ae>

Elsaadawy, L., Taalab, M., Abuelsadat, S., & Gaweesh, Y. (2023). INVESTIGATING THE CORRELATION BETWEEN ROOT PROJECTION OF A MAXILLARY MOLAR WITH PERIODONTITIS AND ANTRAL CYSTS: A RETROSPECTIVE CROSS-SECTIONAL CBCT STUDY. *Alexandria Dental Journal*, 48(1), 68–72. <https://doi.org/10.21608/adjalexu.2022.121517.1255>

Esau, T., Puryer, J., McNally, L., & O’Sullivan, D. (2016). Patient understanding and recall of risks and complications of dental implant treatment following informed consent. *Faculty Dental Journal*, 7(1), 16–21. <https://doi.org/10.1308/rcsfdj.2016.16>

Esposito, M., Grusovin, M. G., & Worthington, H. V. (2013). Interventions for replacing missing teeth: Antibiotics at dental implant placement to prevent complications. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2019(10). <https://doi.org/10.1002/14651858.CD004152.pub4>

Fan, W., Zhang, J., Wang, N., Li, J., & Hu, L. (2023). The Application of Deep Learning on CBCT in Dentistry. *Diagnostics*, 13(12), 2056. <https://doi.org/10.3390/diagnostics13122056>

Fernández Bodereau, E., Flores, V. Y., Naldini, P., Torassa, D., & Tortolini, P. (2020). Clinical Evaluation of the Nasopalatine Canal in Implant-Prosthetic Treatment: A Pilot Study. *Dentistry Journal*, 8(2), 30. <https://doi.org/10.3390/dj8020030>

Fishel, D., Buchner, A., Hershkowith, A., & Kaffe, I. (1976). Roentgenologic study of the mental foramen. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 41(5), 682–686. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(76\)90325-X](https://doi.org/10.1016/0030-4220(76)90325-X)

Fokas, G., Vaughn, V. M., Scarfe, W. C., & Bornstein, M. M. (2018). Accuracy of linear measurements on CBCT images related to presurgical implant treatment planning: A systematic review. *Clinical Oral Implants Research*, 29(S16), 393–415. <https://doi.org/10.1111/clr.13142>

Gaêta-Araujo, H., Alzoubi, T., Vasconcelos, K. D. F., Orhan, K., Pauwels, R., Casselman, J. W., & Jacobs, R. (2020). Cone beam computed tomography in dentomaxillofacial radiology: A two-decade overview. *Dentomaxillofacial Radiology*, 49(8), 20200145. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20200145>

Gaêta-Araujo, H., Leite, A. F., Vasconcelos, K. D. F., & Jacobs, R. (2021). Two decades of research on CBCT imaging in DMFR – an appraisal of scientific evidence. *Dentomaxillofacial Radiology*, 50(4), 20200367. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20200367>

Garisto, G. A., Gaffen, A. S., Lawrence, H. P., Tenenbaum, H. C., & Haas, D. A. (2010). Occurrence of paresthesia after dental local anesthetic administration in the United States. *The Journal of the American Dental Association*, 141(7), 836–844. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2010.0281>

Genç, T., Duruel, O., Kutlu, H., Dursun, E., Karabulut, E., & Tözüm, T. (2018). Evaluation of anatomical structures and variations in the maxilla and the mandible before dental implant treatment. *Dental and Medical Problems*, 55(3), 233–240. <https://doi.org/10.17219/dmp/94303>

Goodacre, C. J., Bernal, G., Rungcharassaeng, K., & Kan. (2004). Common complications with implants and implant prostheses: What complications are associated with dental implants? *Evidence-Based Dentistry*, 5(3), 70–71. <https://doi.org/10.1038/sj.ebd.6400267>

Guerrero, M. E., Noriega, J., & Jacobs, R. (2014). Preoperative implant planning considering alveolar bone grafting needs and complication prediction using panoramic versus CBCT images. *Imaging Science in Dentistry*, 44(3), 213. <https://doi.org/10.5624/isd.2014.44.3.213>

Gupta, J., & Ali, S. (2013). Cone beam computed tomography in oral implants. *National Journal of Maxillofacial Surgery*, 4(1), 2. <https://doi.org/10.4103/0975-5950.117811>

Hajjar, W., Al-Nassar, S., Alahmadi, R., Almohanna, S., & Alhilali, S. (2016). Behavior, knowledge, and attitude of surgeons and patients toward preoperative smoking cessation. *Annals of Thoracic Medicine*, 11(2), 132. <https://doi.org/10.4103/1817-1737.180021>

Hakiem Tawfieg, A., Ali Hasan, H., Abd Alrazaq Hassan, M., & Salah Khlfi, M. (2023). Localization of the position of vital anatomical structures in the lateral wall of maxillary sinus during different surgical intervention using cone beam computed tomography. *Diyala Journal of Medicine*, 25(2), 61–71. <https://doi.org/10.26505/DJM.25027961105>

Hamdy, R. M. (2013). Three-dimensional linear and volumetric analysis of maxillary sinus pneumatization.

Hartshorne, J. (2022). Essential guidelines for using cone beam computed tomography (CBCT) in dentistry. Radiation dose, risks, safety, ethical and medico-legal considerations.

Heller, Z. A., Hogge, M., Ragan, M. R., & Portnof, J. E. (2024). Applications of Cone Beam Computed Tomography Scans in Dental Medicine and Potential Medicolegal Issues. *Dental Clinics of North America*, 68(1), 55–65. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2023.07.009>

Hidalgo R, Alejandro, & San Pedro V, Jaime. (2010). Relación del Foramen Lingual con Espinas Mentonianas y Evaluación del Conducto Lingual Mediante Radiografías Periapicales y Extraorales. *International journal of odontostomatology*, 4(3), 295-302. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-381X2010000300014>

Hosseini, K., Dahlin, C., & Bengt, A. (2005). Influence of Different Prophylactic Antibiotic Regimens on Implant Survival Rate: A Retrospective Clinical Study. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 7(1), 32–35. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8208.2005.tb00044.x>

Howerton, W. B., & Mora, M. A. (2008). Advancements in Digital Imaging. *The Journal of the American Dental Association*, 139, S20–S24. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2008.0354>

Hsu, J.-T., Huang, H.-L., Fuh, L.-J., Li, R.-W., Wu, J., Tsai, M.-T., Shen, Y.-W., & Tu, M.-G. (2013). Location of the Mandibular Canal and Thickness of the Occlusal Cortical Bone at Dental Implant Sites in the Lower Second Premolar and First Molar. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, 2013, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2013/608570>

Hungerbühler, A., Rostetter, C., Lübbers, H.-T., Rücker, M., & Stadlinger, B. (2019). Anatomical characteristics of maxillary sinus septa visualized by cone beam computed tomography. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 48(3), 382–387. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2018.09.009>

Hussaini, S., Glogauer, M., Sheikh, Z., & Al-Waeli, H. (2024). CBCT in Dental Implantology: A Key Tool for Preventing Peri-Implantitis and Enhancing Patient Outcomes. *Dentistry Journal*, 12(7), 196. <https://doi.org/10.3390/dj12070196>

Ismail, A., Shaddox, L., Santamaria, M., & Sabbagh, M. (2022). Peri-implantitis: A Review to Simplify a Mystifying Disease. *Medical Research Archives*, 10(10). <https://doi.org/10.18103/mra.v10i10.3201>

Iwanaga, J., Wilson, C., Lachkar, S., Tomaszewski, K. A., Walocha, J. A., & Tubbs, R. S. (2018). Clinical anatomy of the maxillary sinus: Application to sinus floor augmentation.

Jacobs, R., Salmon, B., Codari, M., Hassan, B., & Bornstein, M. M. (2018). Cone beam computed tomography in implant dentistry: Recommendations for clinical use. *BMC Oral Health*, 18(1), 88. <https://doi.org/10.1186/s12903-018-0523-5>

Jain, S., Choudhary, K., Nagi, R., Shukla, S., Kaur, N., & Grover, D. (2019). New evolution of cone-beam computed tomography in dentistry: Combining digital technologies. *Imaging Science in Dentistry*, 49(3), 179. <https://doi.org/10.5624/isd.2019.49.3.179>

Javed, F., & Romanos, G. E. (2009). Impact of Diabetes Mellitus and Glycemic Control on the Osseointegration of Dental Implants: A Systematic Literature Review. *Journal of Periodontology*, 80(11), 1719–1730. <https://doi.org/10.1902/jop.2009.090283>

Jha, S., Pathi, J., Sangamesh, N. C., Singh, D. K., Sikdar, A., & Dash, M. (2022). Marginal Bone Level and Bone Quality Evaluation Using CBCT after Functional Loading around Dental Implant in the Population of Bhubaneswar, Odisha: A Longitudinal Study. *Journal of Pharmaceutical Research International*, 6–13. <https://doi.org/10.9734/jpri/2022/v34i21A35834>

Juodzbalsys, G., Wang, H., Sabalys, G., Sidlauskas, A., & Galindo-Moreno, P. (2013). Inferior alveolar nerve injury associated with implant surgery. *Clinical Oral Implants Research*, 24(2), 183–190. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2011.02314.x>

Juodzbalsys, G., Wang, H.-L., & Sabalys, G. (2010). Anatomy of Mandibular Vital Structures. Part I: Mandibular Canal and Inferior Alveolar Neurovascular Bundle in Relation with Dental Implantology. *Journal of Oral and Maxillofacial Research*, 1(1). <https://doi.org/10.5037/jomr.2010.1102>

Kaasalainen, T., Ekholm, M., Siiskonen, T., & Kortensniemi, M. (2021). Dental cone beam CT: An updated review. *Physica Medica*, 88, 193–217. <https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2021.07.007>

Kamburoğlu, K. (2015). Use of dentomaxillofacial cone beam computed tomography in dentistry. *World Journal of Radiology*, 7(6), 128. <https://doi.org/10.4329/wjr.v7.i6.128>

Kapila, S., Conley, R. S., & Harrell, W. E. (2011). The current status of cone beam computed tomography imaging in orthodontics. *Dentomaxillofacial Radiology*, 40(1), 24–34. <https://doi.org/10.1259/dmfr/12615645>

Kaur, M., Abou-Arraj, R. V., Lin, C. P., Geisinger, M. L., & Geurs, N. C. (2021). A 5-Year Retrospective Analysis of Biologic and Prosthetic Complications Associated With

Single-Tooth Endosseous Dental Implants: Practical Applications. *Clinical Advances in Periodontics*, 11(4), 225–232. <https://doi.org/10.1002/cap.10155>

Khalighi Sigaroudi, A., Dalili Kajan, Z., Rastgar, S., & Neshandar Asli, H. (2017). Frequency of different maxillary sinus septal patterns found on cone-beam computed tomography and predicting the associated risk of sinus membrane perforation during sinus lifting. *Imaging Science in Dentistry*, 47(4), 261. <https://doi.org/10.5624/isd.2017.47.4.261>

Khongkhunthian, P., Jomjunyong, K., & A. Reichart, P. (2017). Accuracy of Cone Beam Computed Tomography for Dental Implant Treatment Planning. *Chiang Mai University Journal of Natural Sciences*, 16(1). <https://doi.org/10.12982/cmujns.2017.0005>

Köseoğlu Seçgin, C., Karslıoğlu, H., Özemre, Mö., & Orhan, K. (2021). Gray value measurement for the evaluation of local alveolar bone density around impacted maxillary canine teeth using cone beam computed tomography. *Medicina Oral Patología Oral y Cirugía Bucal*, e669–e675. <https://doi.org/10.4317/medoral.24677>

Koymen, R., Gocmen-Mas, N., Karacayli, U., Ortakoglu, K., Ozen, T., & Yazici, A. C. (2009). Anatomic evaluation of maxillary sinus septa: Surgery and radiology. *Clinical Anatomy*, 22(5), 563–570. <https://doi.org/10.1002/ca.20813>

Kumar, M., Shanavas, M., Sidappa, A., & Kiran, M. (2015). Cone Beam Computed Tomography—Know its Secrets. *Cone Beam Computed Tomography*.

Li, L., Fu, Y., Huang, S., Lai, Z., & Ge, J. (2020). An Analysis of The Relationship between The Maxillary Molars and The maxillary sinus oor in Adult Patient Using Cone-beam Computed Tomography.

Liang, X., Jacobs, R., Martens, W., Hu, Y., Adriaenssens, P., Quirynen, M., & Lambrichts, I. (2009). Macro- and micro-anatomical, histological and computed tomography scan characterization of the nasopalatine canal. *Journal of Clinical Periodontology*, 36(7), 598–603. <https://doi.org/10.1111/j.1600-051X.2009.01429.x>

Lindfors, N., Ekestubbe, A., Frisk, F., & Lund, H. (2024). Is cone-beam computed tomography (CBCT) an alternative to plain radiography in assessments of dental disease? A study of method agreement in a medically compromised patient population. *Clinical Oral Investigations*, 28(2), 127. <https://doi.org/10.1007/s00784-024-05527-3>

Ludlow, J. B., Timothy, R., Walker, C., Hunter, R., Benavides, E., Samuelson, D. B., & Scheske, M. J. (2015). Effective dose of dental CBCT—a meta analysis of published data and additional data for nine CBCT units. *Dentomaxillofacial Radiology*, 44(1), 20140197. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20140197>

Madrid, C., & Sanz, M. (2009). What impact do systemically administrated bisphosphonates have on oral implant therapy? A systematic review. *Clinical Oral Implants Research*, 20(s4), 87–95. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2009.01772.x>

Mahmood, M. A., Faris, T. M., Abdalrahim, R. H., & Jalal, R. A. (2023). Anatomical Relationship between the Roots of Erupted Maxillary Posterior Teeth and Maxillary Sinus using CBCT in Sulaimani City (A Retrospective Study). 10.

Mandelaris, G. A., Scheyer, E. T., Evans, M., Kim, D., McAllister, B., Nevins, M. L., Rios, H. F., & Sarment, D. (2017). American Academy of Periodontology Best Evidence Consensus Statement on Selected Oral Applications for Cone-Beam Computed Tomography. *Journal of Periodontology*, 88(10), 939–945. <https://doi.org/10.1902/jop.2017.170234>

Manhães Júnior, L. R. C., Villaça-Carvalho, M. F. L., Moraes, M. E. L., Lopes, S. L. P. D. C., Silva, M. B. F., & Junqueira, J. L. C. (2016). Location and classification of Canalis sinuosus for cone beam computed tomography: Avoiding misdiagnosis. *Brazilian Oral Research*, 30(1). <https://doi.org/10.1590/1807-3107BOR-2016.vol30.0049>

Mardinger, O., Abba, M., Hirshberg, A., & Schwartz-Arad, D. (2007). Prevalence, diameter and course of the maxillary intraosseous vascular canal with relation to sinus augmentation procedure: A radiographic study. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 36(8), 735–738. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2007.05.005>

- McDaniel, C. R., Johnson, T. M., Stancoven, B. W., & Lincicum, A. R. (2024). Distribution of the intraosseous branch of the posterior superior alveolar artery relative to the posterior maxillary teeth. *Imaging Science in Dentistry*, 54(2), 121. <https://doi.org/10.5624/isd.20230160>
- Meer Rownaq Ali, A. B., Khanam, K., G. K, K., Mathew, A., & S. N. H, A. S. (2019). CBCT- A Boon for Implant Dentistry. *Saudi Journal of Oral and Dental Research*, 04(10), 691–699. <https://doi.org/10.36348/SJODR.2019.v04i10.002>
- Mesquita, R. A. D., Brasileiro, C. B., & Pimenta Amaral, T. M. (2014). The Importance of Three-Dimensional Imaging from CBCT in Elucidating a Well-Defined Radiolucency Image within the Maxillary Sinus: A Case Report. *Open Journal of Radiology*, 04(03), 255–259. <https://doi.org/10.4236/ojrad.2014.43033>
- Muinelo-Lorenzo, J., Suarez-Quintanilla, Ja., Fernandez-Alonso, A., Varela-Mallou, J., & Suarez-Cunqueiro, Mm. (2015). Anatomical characteristics and visibility of mental foramen and accessory mental foramen: Panoramic radiography vs. cone beam CT. *Medicina Oral Patología Oral y Cirugía Bucal*, e707–e714. <https://doi.org/10.4317/medoral.20585>
- Nagarajappa, A., Dwivedi, N., & Tiwari, R. (2015). Artifacts: The downturn of CBCT image. *Journal of International Society of Preventive and Community Dentistry*, 5(6), 440. <https://doi.org/10.4103/2231-0762.170523>
- Nascimento, H. A. R., Andrade, M. E. A., Frazão, M. A. G., Nascimento, E. H. L., Ramos-Perez, F. M. M., & Freitas, D. Q. (2017). Dosimetry in CBCT with Different Protocols: Emphasis on Small FOVs Including Exams for TMJ. *Brazilian Dental Journal*, 28(4), 511–516. <https://doi.org/10.1590/0103-6440201701525>
- Nogami, S., Yamauchi, K., Tanuma, Y., Odashima, K., Matsui, A., Tanaka, K., & Takahashi, T. (2016). Removal of dental implant displaced into maxillary sinus by combination of endoscopically assisted and bone repositioning techniques: A case report.

Oh, S., Zelig, D., Aalam, A. A., & Kurtzman, G. M. (2023). Case report: Utilization of Z-Point fixture “Trans-nasal” implants. *Annals of Medicine & Surgery*, Publish Ahead of Print. <https://doi.org/10.1097/MS9.0000000000000520>

Oh, T., Yoon, J., Misch, C. E., & Wang, H. (2002). The Causes of Early Implant Bone Loss: Myth or Science? *Journal of Periodontology*, 73(3), 322–333. <https://doi.org/10.1902/jop.2002.73.3.322>

Okumuş, Ö., & Dumlu, A. (2019). Prevalence of bifid mandibular canal according to gender, type and side. *Journal of Dental Sciences*, 14(2), 126–133. <https://doi.org/10.1016/j.jds.2019.03.009>

Omura, K., Nomura, K., Mori, R., Ishii, Y., Tanaka, Y., Otori, N., & Kojima, H. (2021). Advanced Endoscopic Endonasal Approach to the Pterygopalatine Fossa and Orbit: The Endoscopic Tri-port Approach. *Journal of Neurological Surgery Part B: Skull Base*, 82(04), 437–442. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1713106>

Palomo, J. M., Rao, P. S., & Hans, M. G. (2008). Influence of CBCT exposure conditions on radiation dose. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 105(6), 773–782. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2007.12.019>

Parnia, F., Moslehifard, E., Hafezeqoran, A., Mahboub, F., & Mojaver-Kahnamoui, H. (2012). Characteristics of anatomical landmarks in the mandibular interforaminal region: A cone-beam computed tomography study. *Medicina Oral Patología Oral y Cirugía Bucal*, e420–e425. <https://doi.org/10.4317/medoral.17520>

Patel, P., Shah, J., Dudhia, B., Butala, P., Jani, Y., & Macwan, R. (2020). Comparison of panoramic radiograph and cone beam computed tomography findings for impacted mandibular third molar root and inferior alveolar nerve canal relation. *Indian Journal of Dental Research*, 31(1), 91. https://doi.org/10.4103/ijdr.IJDR_540_18

Pérez-Vásquez, A., & Vilma, R. (2019). CARACTERIZACIÓN DEL FORAMEN LINGUAL MANDIBULAR MEDIANTE TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE

HAZ CÓNICO. *Odontología Activa Revista Científica*, 4(3), 1–8.
<https://doi.org/10.31984/oactiva.v4i3.345>

Quispe-López, N., Gómez-Polo, C., Zubizarreta-Macho, Á., & Montero, J. (2024). How do the dimensions of peri-implant mucosa affect marginal bone loss in equicrestal and subcrestal position of implants? A 1-year clinical trial. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 26(2), 442–456. <https://doi.org/10.1111/cid.13306>

Radmand, F., Razi, T., Baseri, M., Gavvani, L. F., Salehnia, F., & Faramarzi, M. (2023). Anatomic evaluation of the posterior superior alveolar artery using cone-beam computed tomography: A systematic review and meta-analysis. *Imaging Science in Dentistry*, 53(3), 177. <https://doi.org/10.5624/isd.20230009>

Raghav, M., Karjodkar, F., Sontakke, S., & Sansare, K. (2014). Prevalence of incidental maxillary sinus pathologies in dental patients on cone-beam computed tomographic images. *Contemporary Clinical Dentistry*, 5(3), 361. <https://doi.org/10.4103/0976-237X.137949>

Rai, S., Misra, D., Misra, A., Khatri, M., Kidwai, S., Bisla, S., & Jain, P. (2021). Significance of morphometric and anatomic variations of nasopalatine canal on cone-beam computed tomography in anterior functional zone—A retrospective study. *Annals of Maxillofacial Surgery*, 11(1), 108. https://doi.org/10.4103/ams.ams_283_20

Ranslow, A. N., Richter, J. P., Neuberger, T., Van Valkenburgh, B., Rumble, C. R., Quigley, A. P., Pang, B., Krane, M. H., & Craven, B. A. (2014). Reconstruction and Morphometric Analysis of the Nasal Airway of the White-Tailed Deer (*Odocoileus virginianus*) and Implications Regarding Respiratory and Olfactory Airflow. *The Anatomical Record*, 297(11), 2138–2147. <https://doi.org/10.1002/ar.23037>

Rao, J. B., Tatuskar, P., Pulla, A., Kumar, N., Patil, S. C., & Tiwari, I. (2018). Radiographic Assessment of Anatomy of Nasopalatine Canal for Dental Implant Placement: A Cone Beam Computed Tomographic Study. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 19(3), 301–305. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-2257>

Rydholm, H., Von Corswant, C., Denison, H., Jensen, J. M., Lehmann, A., Ruth, M., Söderlind, E., & Aurell-Holmberg, A. (2016). Reducing Adverse Effects During Drug Development: The Example of Lesogaberan and Paresthesia. *Clinical Therapeutics*, 38(4), 946–960. <https://doi.org/10.1016/j.clinthera.2016.02.012>

Sanchis, J., & Díaz, J. (2021). Accidental migration of dental implant into the nasal cavity: Spontaneous expulsion through the nose. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, e1057–e1060. <https://doi.org/10.4317/jced.58427>

Scarfe, W. C., & Farman, A. G. (2008). What is Cone-Beam CT and How Does it Work? *Dental Clinics of North America*, 52(4), 707–730. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2008.05.005>

Scarfe, W., Li, Z., Aboelmaaty, W., Scott, S., & Farman, A. (2012). Maxillofacial cone beam computed tomography: Essence, elements and steps to interpretation. *Australian Dental Journal*, 57(s1), 46–60. <https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.2011.01657.x>

Shah, N. (2014). Recent advances in imaging technologies in dentistry. *World Journal of Radiology*, 6(10), 794. <https://doi.org/10.4329/wjr.v6.i10.794>

Shaikh, S. H., Ali, A., Sultan, D., Iqbal, S. N., Shaikh, M. I., Shaikh, S., & Kandhro, R. (2022). Determination of Anatomical Variation of Mental Foramen and Evaluation of Anterior Loop in Karachi Population Using CBCT. *Pakistan Journal of Medical and Health Sciences*, 16(10), 64–67. <https://doi.org/10.53350/pjmhs22161064>

Shelley, A., Rushton, V., & Horner, K. (1999). Canalis sinuosus mimicking a periapical inflammatory lesion. *British Dental Journal*, 186(8), 378–379. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.4800116>^a

Shokri, A., Ramezani, L., Bidgoli, M., Akbarzadeh, M., Ghazikhanlu-Sani, K., & Fallahi-Sichani, H. (2018). Effect of field-of-view size on gray values derived from cone-beam computed tomography compared with the Hounsfield unit values from multidetector

computed tomography scans. *Imaging Science in Dentistry*, 48(1), 31.
<https://doi.org/10.5624/isd.2018.48.1.31>

Shukla, S., Chug, A., & Afrashtehfar, K. (2017). Role of cone beam computed tomography in diagnosis and treatment planning in dentistry: An update. *Journal of International Society of Preventive and Community Dentistry*, 7(9), 125.
https://doi.org/10.4103/jispcd.JISPCD_516_16

Silva, I. M. D. C. C., Freitas, D. Q. D., Ambrosano, G. M. B., Bóscolo, F. N., & Almeida, S. M. (2012). Bone density: Comparative evaluation of Hounsfield units in multislice and cone-beam computed tomography. *Brazilian Oral Research*, 26(6), 550–556.
<https://doi.org/10.1590/S1806-83242012000600011>

Singhal, M., Dandriyal, R., Aggarwal, A., Agarwal, A., Yadav, S., & Baranwal, P. (2018). Implant placement into the nasopalatine foramen: Considerations from anatomical and surgical point of view. *Annals of Maxillofacial Surgery*, 8(2), 347.
https://doi.org/10.4103/ams.ams_161_17

Song, D., Shujaat, S., De Faria Vasconcelos, K., Huang, Y., Politis, C., Lambrichts, I., & Jacobs, R. (2021). Diagnostic accuracy of CBCT versus intraoral imaging for assessment of peri-implant bone defects. *BMC Medical Imaging*, 21(1), 23.
<https://doi.org/10.1186/s12880-021-00557-9>

Spin-Neto, R., Gotfredsen, E., & Wenzel, A. (2013). Impact of Voxel Size Variation on CBCT-Based Diagnostic Outcome in Dentistry: A Systematic Review. *Journal of Digital Imaging*, 26(4), 813–820. <https://doi.org/10.1007/s10278-012-9562-7>

Suomalainen, A., Pakbaznejad Esmaeili, E., & Robinson, S. (2015). Dentomaxillofacial imaging with panoramic views and cone beam CT. *Insights into Imaging*, 6(1), 1–16.
<https://doi.org/10.1007/s13244-014-0379-4>

Suomalainen, A., Vehmas, T., Kortensniemi, M., Robinson, S., & Peltola, J. (2008). Accuracy of linear measurements using dental cone beam and conventional multislice

computed tomography. *Dentomaxillofacial Radiology*, 37(1), 10–17.
<https://doi.org/10.1259/dmfr/14140281>

Tehranchi, M., Taleghani, F., Shahab, S., & Nouri, A. (2017). Prevalence and location of the posterior superior alveolar artery using cone-beam computed tomography. *Imaging Science in Dentistry*, 47(1), 39. <https://doi.org/10.5624/isd.2017.47.1.39>

Tofangchiha, M., Hematzadeh, S., Vali, M. E., Ghonche, M. R. A., Mirzadeh, M., Reda, R., & Testarelli, L. (2022). Anatomical localization of posterior superior alveolar artery: A retrospective study by cone-beam computed tomography. *Dental and Medical Problems*, 59(3), 407–412. <https://doi.org/10.17219/dmp/145894>

Vásquez, C. A. P. (2019). Tesis para optar el título de Especialista en Radiología Bucal y Maxilofacial.

Vendruscolo, F. S., & Alegre, P. (2013). VARIAÇÕES NA ANATOMIA DA MANDÍBULA: BIFURCAÇÃO DO CANAL MANDIBULAR E DO DEFEITO ÓSSEO DE STAFNE.

Venkatesh, E., & Venkatesh Elluru, S. (2017). CONE BEAM COMPUTED TOMOGRAPHY: BASICS AND APPLICATIONS IN DENTISTRY. *Journal of Istanbul University Faculty of Dentistry*, 51(0). <https://doi.org/10.17096/jiufd.00289>

Von Arx, T., Lozanoff, S., Sendi, P., & Bornstein, M. M. (2013). Assessment of bone channels other than the nasopalatine canal in the anterior maxilla using limited cone beam computed tomography. *Surgical and Radiologic Anatomy*, 35(9), 783–790. <https://doi.org/10.1007/s00276-013-1110-8>

Weiss, R., & Read-Fuller, A. (2019). Cone Beam Computed Tomography in Oral and Maxillofacial Surgery: An Evidence-Based Review. *Dentistry Journal*, 7(2), 52. <https://doi.org/10.3390/dj7020052>

Whyte, A., & Boeddinghaus, R. (2019). The maxillary sinus: Physiology, development and imaging anatomy. *The Maxillary Sinus*.

Wojciech, F., Aleksandra, J., & Machoy, M. E. (2024). CBCT and modern intraoral scanners as tools for developing comprehensive, interdisciplinary treatment plans. *Advances in Clinical and Experimental Medicine*, 33(11), 0–0. <https://doi.org/10.17219/acem/175817>

Worthington, P., Rubenstein, J., & Hatcher, D. C. (2010). The Role of Cone-Beam Computed Tomography in the Planning and Placement of Implants. *The Journal of the American Dental Association*, 141, 19S-24S. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2010.0358>

Yeom, H.-G., Huh, K.-H., Yi, W.-J., Heo, M.-S., Lee, S.-S., Choi, S.-C., & Kim, J.-E. (2023). Nasal cavity perforation by implant fixtures: Case series with emphasis on panoramic imaging of nasal cavity extending posteriorly. *Head & Face Medicine*, 19(1), 37. <https://doi.org/10.1186/s13005-023-00384-z>

Zewail, A. M., Abdullah, A. B., Aboelhasan, M. F., El-Ashmawy, M. M., & Ibrahim, A. G. (2024). Qualitative Analysis of Maxillary Sinus after Guided Lateral Sinus Lift Procedure with Simultaneous Implant Placement. *Al-Azhar Assiut Dental Journal*, 7(1), 103–111. <https://doi.org/10.21608/aadj.2024.235638.1159>