

**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

Pedro Simão Nunes Ferreira

**Tomografia Computorizada  
em casos de Edentulismo**





**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

Pedro Simão Nunes Ferreira

**Tomografia Computorizada  
em casos de Edentulismo**

Dissertação de Mestrado  
Mestrado em Engenharia Biomédica

Eletrónica Médica  
Trabalho efetuado sob a orientação de  
**Doutor Marino Maciel**

# Direitos de Autor e Condições de Utilização do Trabalho por Terceiros

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

## Licença concedida aos utilizadores deste trabalho:

*[Caso o autor pretenda usar uma das licenças Creative Commons, deve escolher e deixar apenas um dos seguintes ícones e respetivo lettering e URL, eliminando o texto em itálico que se lhe segue. Contudo, é possível optar por outro tipo de licença, devendo, nesse caso, ser incluída a informação necessária adaptando devidamente esta minuta]*



### **CC BY**

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/> *[Esta licença permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do seu trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original. É a licença mais flexível de todas as licenças disponíveis. É recomendada para maximizar a disseminação e uso dos materiais licenciados.]*



## **CC BY-SA**

<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/> [Esta licença permite que outros remisturem, adaptem e criem a partir do seu trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito e que licenciem as novas criações ao abrigo de termos idênticos. Esta licença costuma ser comparada com as licenças de software livre e de código aberto «copyleft». Todos os trabalhos novos baseados no seu terão a mesma licença, portanto quaisquer trabalhos derivados também permitirão o uso comercial. Esta é a licença usada pela Wikipédia e é recomendada para materiais que seriam beneficiados com a incorporação de conteúdos da Wikipédia e de outros projetos com licenciamento semelhante.]



## **CC BY-ND**

<https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/> [Esta licença permite que outras pessoas usem o seu trabalho para qualquer fim, incluindo para fins comerciais. Contudo, o trabalho, na forma adaptada, não poderá ser partilhado com outras pessoas e têm que lhe ser atribuídos os devidos créditos.]



## **CC BY-NC**

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/> [Esta licença permite que outros remisturem, adaptem e criem a partir do seu trabalho para fins não comerciais, e embora os novos trabalhos tenham de lhe atribuir o devido crédito e não possam ser usados para fins comerciais, eles não têm de licenciar esses trabalhos derivados ao abrigo dos mesmos termos.]



## **CC BY-NC-SA**

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/> [Esta licença permite que outros remisturem, adaptem e criem a partir do seu trabalho para fins não comerciais, desde que lhe atribuam a si o devido crédito e que licenciem as novas criações ao abrigo de termos idênticos.]



## **CC BY-NC-ND**

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/> [Esta é a mais restritiva das nossas seis licenças principais, só permitindo que outros façam download dos seus trabalhos e os comparti-

*lhem desde que lhe sejam atribuídos a si os devidos créditos, mas sem que possam alterá- los de nenhuma forma ou utilizá-los para fins comerciais.]*

# Agradecimentos

Em primeiro lugar, desejo expressar minha profunda gratidão ao Doutor Marino Maciel, meu orientador, pelo seu apoio incansável, orientação sábia e paciência ao longo deste processo. Agradeço também pelo esclarecimento de todas as dúvidas e pela confiança.

Além disso, gostaria de agradecer ao Doutor Jose Artur Rodrigues e ao Professor Doutor Higino Correia pelas suas valiosas contribuições e orientações durante esta jornada. Agradeço ainda pela disponibilidade de todo o material, indispensável para a execução e sucesso deste projeto.

Um agradecimento ao Dr. Radiologista Paulo Mesquita e à Dra. Radiologista Conceição Pereira assim como aos restantes técnicos da Clínica Unilabs Braga | Restauração pelo seu contributo e por todos os conhecimentos passados.

Agradeço ao Doutor Carlos Costa pela disponibilidade e por todos os esclarecimentos prestados, muito úteis para o sucesso desta dissertação. Um agradecimento a todos os pacientes cujos casos clínicos foram analisados. Foram essenciais para toda a aprendizagem adquirida.

Ao meu amigo Manel, pelo companheirismo e pela aprendizagem conjunta ao longo de toda esta jornada e sem o qual tudo seria mais difícil. Obrigado por todo o apoio.

Agradeço profundamente aos meus amigos, à "Favela", por permanecerem ao meu lado e me apoiarem ao longo de todo o processo. O vosso apoio foi essencial. Obrigado pela amizade.

Um agradecimento especial aos meus pais, ao Carlos e à Manuela, por todo o apoio e motivação.

Por fim, quero apresentar a minha gratidão a todos que, de alguma forma, contribuíram para este projeto, seja por meio de paciência ou inspiração. Este trabalho não teria sido possível sem o apoio de todos vocês. Obrigado por fazerem parte desta conquista e por ajudarem a tornar este momento possível.

# **Declaração de Integridade**

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Universidade do Minho, Braga, janeiro 2024

*Pedro Nunes*

Pedro Simão Nunes Ferreira



## Resumo

A tomografia computadorizada (TC) é uma técnica de imagem médica amplamente utilizada numa vasta gama de áreas dentro e fora do campo médico. Em estudos dentais, permite a visualização detalhada dos dentes, mandíbulas e estruturas circundantes. Em casos de edentulismo, que é a disfunção oral mais comum e que afeta pessoas de todas as idades, a TC pode ser especialmente útil no planeamento e colocação cirúrgica de implantes dentários. Em alguns casos, devido à reabsorção óssea na região edêntula, a qualidade do osso pode não ser suficiente para a colocação do implante, sendo necessário o uso de técnicas de regeneração óssea.

Esta dissertação de mestrado tem como objetivo avaliar a utilidade da TC em casos de edentulismo, particularmente com necessidade de colocação de implantes dentários. É realizado um estudo de TC dental para planeamento da colocação de implantes, com base nas medidas do osso alveolar em imagens de TC obtidas em 3 pacientes que sofrem de edentulismo. Dependendo da análise efetuada, é estudado o melhor método de implante, com ou sem a necessidade de uso de técnicas de regeneração óssea.

A avaliação TC dental do paciente 1 revelou insuficiência óssea e a necessidade da utilização de uma técnica de regeneração óssea. Especificamente, é necessária a regeneração horizontal do osso alveolar de forma a garantir uma espessura suficiente para a colocação do implante. O paciente 2 sofre de uma doença periodontal crónica e apresenta o maxilar inferior completamente edêntulo, à exceção do segundo molar do 4º quadrante. Após avaliação TC, uma possível solução para o paciente 2 é a utilização da regeneração óssea guiada (ROG) para efetuar o levantamento do seio maxilar e a utilização de autoenxertos para a expansão da crista alveolar. A avaliação TC dental do paciente 3 revelou a necessidade da utilização de técnicas de regeneração óssea, tanto para a regeneração horizontal do osso alveolar como para a elevação do seio maxilar. Uma das possibilidades é a utilização da ROG para efetuar o levantamento do seio maxilar e a utilização de enxertos ósseos autógenos para a expansão da crista alveolar.

A TC dental revelou-se uma técnica útil na avaliação de pacientes com edentulismo, permitindo um estudo completo da estrutura óssea para planeamento de implantes dentários.

**Palavras-chave** edentulismo, tomografia computadorizada, implantes dentários, regeneração óssea

# Abstract

Computed tomography (CT) is a widely used medical imaging technique in a wide range of areas both within and outside the medical field. In dental studies, CT allows detailed visualization of teeth, jaws, and surrounding structures. In cases of edentulism, which is the most common oral dysfunction affecting people of all ages, CT can be particularly useful for planning and for surgical placement of dental implants. Due to bone resorption in the edentulous region, the quality of the bone may be not sufficient in some cases for implant placement, which requires the use of bone regeneration techniques. This master dissertation aims to evaluate the utility of CT in cases of edentulism, particularly for the placement of dental implants. A dental CT study is conducted to plan the implant placement based on alveolar bone measurements in CT images obtained from three patients suffering from edentulism. Depending on this analysis, the best implant method is studied, with or without the need for the use of bone regeneration techniques.

The dental CT evaluation of patient 1 revealed insufficient bone and the need for the use of a bone regeneration technique. Specifically, horizontal alveolar bone regeneration is required to ensure sufficient thickness for implant placement. Patient 2 suffers from chronic periodontal disease and has a completely edentulous lower jaw, except for the second molar in the 4th quadrant. After CT evaluation, a possible solution for patient 2 is the use of guided bone regeneration (GBR) to perform maxillary sinus elevation and the use of autografts to expand the alveolar crest. Dental CT evaluation of patient 3 revealed the need for bone regeneration techniques, both for horizontal alveolar bone regeneration and for maxillary sinus elevation. One possibility is the use of GBR to perform maxillary sinus elevation and the use of autogenous bone grafts to expand the alveolar crest.

Dental CT has proven to be a useful technique in evaluating patients with edentulism, allowing for a comprehensive study of bone structure for dental implant planning.

**Keywords** edentulism, computed tomography, dental implants, bone regeneration

# Conteúdo

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>1</b>
1.1	Técnicas de imagem médica em medicina dentária . . . . .	1
1.1.1	Imagiologia a 2 dimensões . . . . .	1
1.1.2	Imagiologia a 3 dimensões . . . . .	5
1.2	Motivação e objetivos . . . . .	7
1.3	Organização da dissertação . . . . .	7
<b>2</b>	<b>Estado da arte</b>	<b>9</b>
2.1	Edentulismo . . . . .	9
2.1.1	Comorbilidades . . . . .	11
2.1.2	Soluções para o edentulismo . . . . .	11
2.1.3	Técnicas de regeneração óssea . . . . .	13
2.2	Anatomia da cabeça e face . . . . .	20
2.2.1	Ossos . . . . .	20
2.2.2	Nervos cranianos . . . . .	24
2.2.3	Cavidade oral - Anatomia . . . . .	26
2.2.4	Dentição . . . . .	28
2.2.5	Tipologia dentária . . . . .	32
<b>3</b>	<b>Tomografia Computorizada</b>	<b>40</b>
3.1	Funcionamento geral do um sistema de TC . . . . .	41
3.2	Componentes de um sistema de TC . . . . .	43
3.3	Aquisição de uma imagem . . . . .	44
3.4	Reconstrução da imagem . . . . .	49
<b>4</b>	<b>Metodologia e análise de resultados</b>	<b>53</b>

4.1	Análise dos Pacientes . . . . .	55
4.1.1	Paciente 1 . . . . .	55
4.1.2	Paciente 2 . . . . .	61
4.1.3	Paciente 3 . . . . .	69
<b>5</b>	<b>Conclusão e trabalho futuro</b>	<b>76</b>
5.1	Conclusão . . . . .	76
5.2	Perspetiva de trabalho futuro . . . . .	78

## Lista de Figuras

1	Imagiologia a 2 dimensões: a) radiografia periapical, utilizada para avaliar estruturas do dente, como a coroa e a raiz; b) radiografia bitewing, contém informações das coroas dos dentes das arcadas superior e inferior; c) radiografia oclusal que permite a visualização de quase toda a arcada dentária, fornecendo informações que não são visíveis através das outras radiografias. . . . .	3
2	Imagem obtida numa radiografia panorâmica. Neste tipo de radiografias é possível observar os dentes e maxilares superiores e inferiores. . . . .	4
3	Imagem obtida numa ressonância magnética dentária. Neste tipo de exames é possível observar os dentes e maxilares superiores e inferiores assim como as zonas moles circundantes. . . . .	5
4	Radiografia panorâmica de um paciente com edentulismo. No maxilar superior, é possível verificar retração óssea nas zonas edêntulas. No maxilar inferior, e mesmo após a colocação dos implantes, verificou-se retração óssea. . . . .	10
5	Exemplo de um implante hexagonal externo e de um implante hexagonal interno . . .	13
6	Representação dos ossos pertencentes à caixa craniana (esquerda) e à face(direita). . .	20
7	Vista lateral do maxilar superior. . . . .	21
8	Vista lateral da mandíbula . . . . .	23
9	Ramificações do Nervo Trigêmeo. A verde, o nervo oftalmológico; a azul, o nervo mandibular; a laranja o nervo mandibular. . . . .	25
10	Principais estruturas da cavidade oral. . . . .	27
11	a) Representação do corte um molar e principais estruturas da coroa e da raiz. b) Nomenclatura das quatro faces de um dente. . . . .	28

12	a) Representação da dentição decídua constituída por 20 dentes. Em cada arcada, quatro incisivos, dois caninos, e quatro molares.b) Representação da dentição permanente constituída por 32 dentes. Em cada arcada, quatro incisivos, dois caninos, dois pré-molares e seis molares. . . . .	29
13	Face vestibular e mesial dos incisivos centrais superiores e face vestibular e mesial dos incisivos laterais superiores. . . . .	32
14	Face vestibular e mesial do 1º pré-molar superior e face vestibular e mesial do 2º pré-molar superior . . . . .	33
15	Face vestibular e mesial do 1º molar superior e Face vestibular e mesial do 2º molar superior. . . . .	34
16	Face vestibular e mesial dos incisivos centrais inferiores e face vestibular e mesial dos incisivos laterais inferiores. . . . .	35
17	Face vestibular e mesial do 1º pré-molar inferior e face vestibular e mesial do 2º pré-molar inferior. . . . .	36
18	Face vestibular e mesial do 1º molar inferior e face vestibular e mesial do 2º molar inferior.	37
19	Face vestibular e mesial do 3º molar superior e Face vestibular e mesial do 3º molar inferior. . . . .	37
20	Face vestibular e mesial do canino superior e Face vestibular e mesial do canino inferior.	38
21	Tipologias de exame TC: a) <i>single slice</i> onde um único feixe de raios-X é direcionado para o detetor obtendo-se um único <i>slice</i> . b) <i>multislice</i> onde um feixe de raios-X é detetado por uma matriz de detetores colocados ao longo do eixo longitudinal do paciente. . . . .	42
22	Escala de valores em unidades de <i>Hounsfield</i> obtidos em diferentes tecidos do corpo. Nos pulmões, uma vez que estes se encontram cheios de ar, o valor obtido é menor havendo uma menor atenuação, e desta forma, um tom de cinzento mais escuro. No osso, e por estes serem bastante mais densos, o contrário é observado. . . . .	43
23	Para a realização do exame, o paciente deve ser colocado na mesa e manter-se estável até à realização do exame. Por outro lado, o operador, deve encontrar-se numa sala separada nunca perdendo o paciente de vista. As duas salas devem ser isoladas por materiais absorventes de radiação . . . . .	43
24	a) Elementos internos da <i>gantry</i> . Estes elementos devem ser capazes de suportar velocidades de rotação elevadas. b) - Os <i>slips rings</i> permitem a alimentação da <i>gantry</i> e a transmissão de dados para a estação de aquisição de imagens sem a utilização de fios.	45

25	tubo de raios-X: através do filamento de tungsténio presente no cátodo, os eletrões são acelerados e embatem no cátodo produzindo raios-X que são libertados através da janela do tubo. . . . .	46
26	Os filtros <i>bowtie</i> permitem “moldar” o feixe de raios-X ajustando-se ao formato do corpo.	47
27	Da esquerda para a direita, vista sagital, axial e coronal de um exame de DentalTC obtidas através de reconstrução a partir dos dados obtidos pelos detetores. . . . .	51
28	A imagem da esquerda representa uma imagem obtida através da técnica de MIP e a imagem da direita representa uma imagem obtida através da técnica de VRT. . . . .	52
29	a) Procedimento para registo do paciente. Os campos a negrito são de preenchimento obrigatório. Também é necessário escolher qual o protocolo do exame e indicar a posição em que o paciente vai entrar no tubo. b) Tela informativa com os valores associados ao protocolo escolhido. . . . .	54
30	exemplo de uma imagem obtida aquando da aquisição do topograma. A zona selecionada pelo quadrado roxo representa a zona onde o exame irá ser realizado e onde incidirá a radiação (1). . . . .	54
31	paciente 1 - reconstrução 3D das imagens TC obtidas no sistema TC Somaton Esprit da <i>Siemens</i> . . . . .	55
32	imagens obtidas através do exame de TC. As imagens superiores apresentam as linhas de referências selecionadas para a obtenção das restantes imagens. As imagens inferiores apresentam um corte axial para a avaliação dentária do paciente e a imagem panorâmica do paciente em estudo. . . . .	56
33	imagem paraxial do maxilar inferior do paciente 1. Esta imagem permite efetuar as medições da espessura óssea nas zonas edêntulas para avaliar a condição óssea em que se encontra. . . . .	57
34	imagens paraxiais obtidas através do exame de TC do paciente 1. Estas imagens permitem medir a altura óssea do paciente de forma a avaliar a sua quantidade óssea para a colocação de implantes. . . . .	58
35	paciente 2 - reconstrução 3D das imagens TC obtidas no sistema <i>TC Somaton Esprit da Siemens</i> . . . . .	61
36	nas duas imagens superiores são colocadas as linhas de referência para efetuar as medições. Nas imagens inferiores, é possível verificar a baixa quantidade óssea e dentária do paciente 2 através da pouca quantidade de osso que este apresenta. . . . .	62

37	imagens axiais que permitem efetuar as medições da espessura óssea do paciente 2. Foi necessária a utilização de duas imagens diferentes devido à inclinação da cabeça do paciente e do desnível causado pela perda óssea em quase todas as zonas do maxilar inferior. . . . .	63
38	imagens paraxiais que permitem efetuar as medições da espessura óssea do paciente 2.	64
39	imagens paraxiais que permitem efetuar as medições da altura óssea do paciente 2. O paciente apresenta valores para a altura do osso bastante baixos, o que pode comprometer a reabilitação através de implantes. . . . .	65
40	paciente 3 - reconstrução 3D das imagens TC obtidas no sistema <i>TC Somaton Esprit da Siemens</i> . . . . .	69
41	nas duas imagens superiores, são colocadas as linhas de referência para efetuar as medições. Nas imagens inferiores, é possível verificar a limitação da quantidade óssea e dentária do paciente 3. . . . .	70
42	imagens paraxiais obtidas através do exame de TC do paciente 3. Estas imagens permitem medir a espessura óssea do paciente de forma a avaliar a sua quantidade óssea para a colocação de implantes. . . . .	71
43	imagens paraxiais obtidas através do exame de TC do paciente 3. Estas imagens permitem medir a altura óssea do paciente de forma a avaliar a sua quantidade óssea para a colocação de implantes. . . . .	72
44	imagens paraxiais obtidas através do exame de TC do paciente 3. Estas imagens permitem medir a largura óssea do paciente de forma a avaliar a sua quantidade óssea para a colocação de implantes. . . . .	73



## **Lista de Tabelas**

1	Dimensões das zonas edêntulas do paciente 1 . . . . .	59
2	Dimensões das zonas edêntulas do paciente 2 . . . . .	66
3	Dimensões das zonas edêntulas do paciente 3 . . . . .	73

# Siglas

**2D** Duas dimensões.

**3D** 3 Dimensões.

**ASPA** Artéria superior posterior alveolar.

**BBM** Osso bovino mineralizado.

**CBCT** Tomografia computadorizada de Feixe Cônico.

**DFDBA** Enxertos ósseos alógenos liofilizado.

**MIP** Projeção de intensidade máxima.

**MPR** Método de reconstrução multiplanar.

**MRI** Ressonância magnética.

**ROG** Regeneração Óssea Guiada.

**TC** Tomografia Computorizada.

# Capítulo 1

## Introdução

### 1.1 Técnicas de imagem médica em medicina dentária

Na medicina dentária, a imagiologia médica é considerada uma ferramenta muito importante para o planeamento de intervenções cirúrgicas como, por exemplo, a colocação de implantes dentários. Estas técnicas de imagem médica podem ir desde a radiografia tradicional intra-oral a métodos mais complexos como a Tomografia Computorizada (TC) e a Tomografia computadorizada de Feixe Cónico (CBCT).

Na escolha da técnica mais adequada para um determinado caso de estudo, diferentes considerações devem ser tidas em conta, incluindo o custo, a exposição do doente à radiação e possível redução da dose de radiação, assim como a contextualização do próprio caso. Pretende-se efetuar uma ponderação de todos os fatores encontrando um equilíbrio entre estes, de forma a identificar corretamente todas as estruturas anatómicas e minimizar o risco de uma eventual lesão para o paciente durante todo o processo.

#### 1.1.1 Imagiologia a 2 dimensões

As radiografias convencionais a 2 dimensões são comumente utilizadas para fornecer imagens de estruturas internas dos dentes e do osso que serve de suporte aos dentes. Através dessas imagens é possível identificar cáries, doenças periodontais e periapicais, entre outras condições ósseas (2). No entanto, as técnicas 2D apresentam algumas limitações como a difícil identificação de todas as estruturas anatómicas, uma vez que estas se sobrepõem na imagem, levando à perda de informação (2). Não deixam de ser uma ferramenta útil para uma primeira avaliação dentária, sendo suficiente em algumas aplicações.

## **Radiografia Periapical**

A radiografia periapical é um tipo de radiografia dentária que fornece informações sobre os dentes e alguns tecidos da zona examinada. É utilizada para avaliar as estruturas do dente, como a polpa dentária, ou para detetar fraturas da coroa, da raiz ou do osso alveolar. Permite ainda a deteção de patologias periapicais (3). No caso de colocação de implantes dentários, permite aferir a presença de determinadas patologias, assim como a localização das estruturas anatómicas na região do implante (4). A qualidade do osso pode também ser avaliada através da altura do osso. A radiografia periapical é uma ferramenta importante para a análise de dimensões méso-distais e da distância entre raízes adjacentes, e ainda para a avaliação do pós-operatório. Em utentes com edentulismo e com retração do osso maxilar ou mandibular, esta técnica pode ser mais difícil de implementar, dado que a melhor forma de obter uma boa imagem, sem qualquer tipo de distorções, passa por posicionar os dentes e a película do filme paralelos ao feixe de raios-X, sendo afetada pela falta de dentes e consequente desequilíbrio da película (5).

Existem dois métodos para obtenção de radiografias periapicais: o método paralelo e o método do ângulo bissetriz. Por norma, o método paralelo é o preferencial uma vez que as imagens produzidas são mais nítidas e, ao mesmo tempo, a dose de radiação a que o paciente é exposto é menor. O segundo método é preferido em casos em que o paciente não consegue manter-se imóvel (5). A técnica de radiografia paralela envolve o alinhamento do dente e do filme ou sensor de raio-X em planos paralelos. Esta técnica baseia-se no princípio de que a nitidez da imagem é afetada e determinada por três fatores: pela distância entre o ponto focal do tubo de raio-X e o filme ou sensor, pela distância entre o recetor e o objeto, e por qualquer movimento durante a exposição aos raios-X (4). A técnica do ângulo bissetriz envolve o direcionamento do feixe de raios-X num ângulo reto a uma linha imaginária que divide o ângulo formado pelo eixo longitudinal do dente e o plano do filme ou sensor ao meio, baseando-se nas técnicas de bissetriz que dividem uma linha ou ângulo em partes iguais. Na radiografia , o filme ou sensor, é posicionado o mais próximo possível da parte de trás dos dentes, no palato ou no fundo da boca. O plano do filme e o eixo dos dentes aos quais se pretende tirar a radiografia formam um ângulo com o ápice no ponto onde o filme toca os dentes (4).

## **Radiografia bitewing**

As radiografias do tipo *Bitewing* foram inventadas em 1925 e são utilizadas para capturar radiografias da coroa de ambas as arcadas, superior e inferior. A sua utilidade vai desde a deteção de cáries interproximais nas primeiras etapas de desenvolvimento à avaliação do tamanho da câmara pulpar e da extensão de cáries proximais. Estas imagens podem ainda ser utilizadas para avaliar condições periodontais e pos-

síveis alterações na altura do osso através da comparação com os dentes adjacentes. Para a realização destas imagens radiográficas, o paciente deve apertar os dentes contra uma película radiográfica com uma aba que a mantém entre as coroas dos dentes superiores e inferiores. É de realçar que estas imagens não apresentam os ápices dos dentes e por isso não podem ser utilizadas para efetuar o diagnóstico nesta área (2; 6; 7).

### **Radiografia oclusal**

Uma radiografia oclusal é um tipo de radiografia que permite a visualização de uma grande parte da arcada dentária, incluindo áreas que não podem ser vistas numa radiografia periapical. É bastante útil na identificação de dentes extra ou impactados e corpos estranhos que se possam localizar na mandíbula e nas glândulas submandibulares. As imagens produzidas por estas radiografias são imagens de alta resolução. Contudo, podem não apresentar informações detalhadas sobre as dimensões encontradas nas imagens apresentando também uma reprodutibilidade limitada e uma tendência para a sobreposição de imagens. Devido a estas limitações e à distorção das imagens produzidas, este tipo de radiografia não é utilizado na colocação de implantes (2). Na Figura 1 podem ser encontradas exemplos das três técnicas de radiografia 2D supramencionadas.

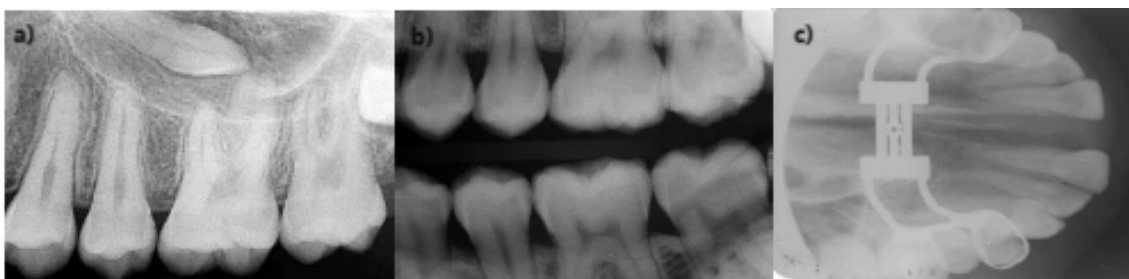


Figura 1: imagiologia a 2 dimensões: a) radiografia periapical, utilizada para avaliar estruturas do dente, como a coroa e a raiz; b) radiografia bitewing, contém informações das coroas dos dentes das arcadas superior e inferior; c) radiografia oclusal que permite a visualização de quase toda a arcada dentária, fornecendo informações que não são visíveis através das outras radiografias. Adaptado de (8; 9; 10)

## **Radiografia panorâmica**

A radiografia panorâmica, ao contrário dos tipos de radiografia mencionados anteriormente neste capítulo, é um tipo de exame extra-oral. Produz imagens bidimensionais dos dentes e maxilares superiores e inferiores numa só aquisição. Estas imagens obtidas permitem a análise de todos os dentes, da mandíbula inferior e de partes da mandíbula superior, incluindo o seio maxilar, o palato duro e as articulações temporomandibulares. Esta técnica tornou-se bastante popular devido à sua facilidade de utilizar e pela baixa dose de radiação que é aplicada ao paciente apesar da vasta gama de informações que disponibiliza. Nos anos 80 este tipo de imagem passou a ser baseada em filmes digitais, o que permitiu reduzir ainda mais a radiação utilizada e permitindo a visualização imediata da imagem (11). A radiografia panorâmica é considerada um procedimento padrão na medicina dentária sendo identificado na Figura 2.

Estruturas como tecidos duros e moles pertencentes à cabeça e ao pescoço, assim como as vias aéreas, quando sobrepostas podem criar sombras e artefactos que podem dificultar a correta interpretação da imagem. Para a sua correta interpretação, é necessário o conhecimento da anatomia dentária e de como as diferentes estruturas aparecem neste tipo de radiografias, de forma a identificar possíveis patologias (11).

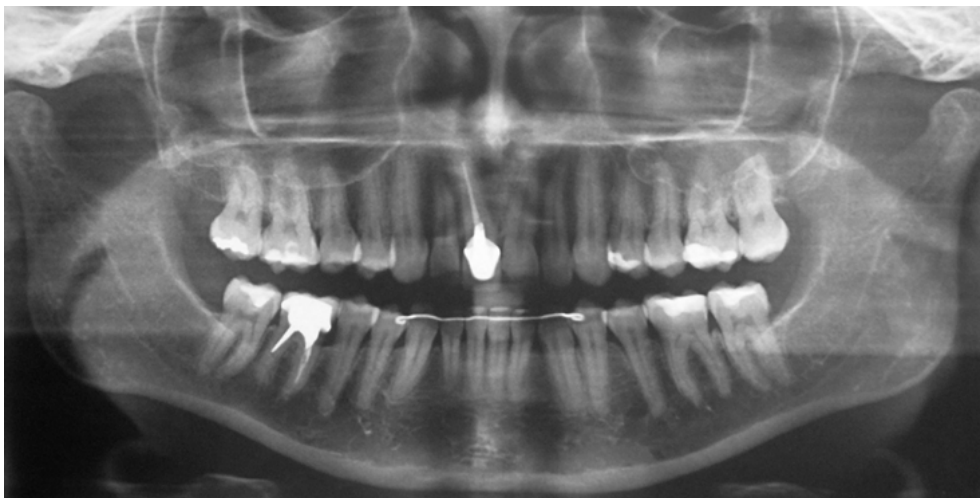


Figura 2: imagem obtida numa radiografia panorâmica. Neste tipo de radiografias é possível observar os dentes e maxilares superiores e inferiores (12).

## 1.1.2 Imagiologia a 3 dimensões

### Imagem por ressonância magnética (MRI)

A ressonância magnética (MRI) é uma técnica não-invasiva de diagnóstico utilizada na medicina para visualização de estruturas internas do corpo humano. Através da utilização de um campo magnético, é possível criar imagens detalhadas do interior do corpo que podem servir de diagnóstico para uma enorme variedade de patologias(13; 14). Na medicina dentária, a MRI desempenha um papel fundamental na avaliação de estruturas na região da cabeça e do pescoço, como as articulações, os dentes, os maxilares, as gengivas e os ossos. São diversos os casos em que a ressonância magnética pode ser uma ferramenta de diagnóstico útil. Pode ser importante no diagnóstico de patologias na articulação temporomandibular, uma vez que esta é uma estrutura difícil de visualizar através de outros métodos de imagem. Desempenha ainda um papel fundamental no diagnóstico de condições inflamatórias da face, no exame de estruturas como as glândulas salivares e os seios nasais, assim como a deteção precoce de tumores em estruturas localizadas nestas zonas. Desempenha um papel fundamental na visualização e colocação de implantes dentários, apresentando-se como alternativa à TC, uma vez que, não utiliza radiação ionizante e é capaz de apresentar imagens de alta qualidade, como a imagem apresentada na Figura 3 (13; 14).



Figura 3: imagem obtida numa ressonância magnética dentária. Neste tipo de exames é possível observar os dentes e maxilares superiores e inferiores assim como as zonas moles circundantes (15).

## **Tomografia Computorizada**

A TC é uma técnica de imagem médica amplamente utilizada numa vasta gama de áreas dentro e fora do campo médico. Em estudos dentais, permite a visualização detalhada dos dentes, mandíbulas e estruturas circundantes representados na Figura 3. Também é bastante utilizada em casos de edentulismo e pode ser especialmente útil no planeamento e colocação cirúrgica de implantes dentários. A qualidade das imagens obtidas através deste método permite efetuar medições do osso alveolar com precisão, de forma a garantir a correta colocação dos implantes, a sua estabilidade e a sua durabilidade. Uma vez que é a tecnologia mais utilizada nos casos de edentulismo, esta técnica será abordada com mais pormenor no capítulo 3 desta dissertação.



## **1.2 Motivação e objetivos**

O edentulismo afeta milhões de pessoas em todo o mundo. É caracterizado pela perda total ou parcial de dentes e tem um enorme impacto na qualidade de vida de qualquer pessoa. Afeta a sua capacidade de comer, falar, podendo levar a problemas de saúde mais graves como a desnutrição ou a malformação da face. Os danos estéticos provocados podem ainda originar problemas do foro psicológico, levando à diminuição da autoestima e a uma possível exclusão social.

Os implantes dentários são um dos tratamentos mais utilizados devido à sua alta aceitação e à elevada eficácia. Contudo, o seu sucesso depende de um bom planeamento e, por vezes, existe a necessidade de efetuar alguns tratamentos de forma a regenerar o osso nos pacientes em que tenha existido uma alta absorção do mesmo.

A TC permite a avaliação de forma não invasiva do osso da mandíbula e maxilar superior e a determinação do melhor local para a colocação dos implantes, prevendo o melhor resultado para o procedimento, e garantido a sua estabilidade e funcionalidade. Em casos de reabsorção óssea significativa, este planeamento é particularmente importante de forma a garantir o seu sucesso a longo prazo.

A presente dissertação tem como objetivo o estudo do edentulismo num conjunto de pacientes com esta condição, utilizando a TC como ferramenta para analisar a viabilidade da colocação de implantes e a necessidade de recorrer a técnicas de regeneração óssea.

## **1.3 Organização da dissertação**

No capítulo 1 é apresentada uma breve descrição das técnicas de imagiologia 2D e 3D e o seu papel na visualização da cavidade oral. São ainda enumerados os métodos mais utilizados nos casos de edentulismo e mais precisamente na colocação de implantes.

No capítulo 2 é teoricamente abordado o conceito de edentulismo, as suas causas e as consequências que vão desde patologias até à exclusão social de indivíduos com esta patologia. É ainda abordada a anatomia da cabeça e da face com especial ênfase da cavidade oral e das estruturas ósseas e inervação circundante.

No capítulo 3 apresenta-se a técnica de TC, método usado para avaliação do edentulismo e utilizado nesta dissertação. É abordado o seu funcionamento geral assim como os principais componentes necessários para a obtenção de uma imagem.

No capítulo 4 são abordadas as metodologias utilizadas para a realização e avaliação de um exame

*TC dentária.*

Por fim, no capítulo 5 são apresentadas as conclusões e as sugestões de trabalho futuro.

## Capítulo 2

### Estado da arte

#### 2.1 Edentulismo

O edentulismo é uma condição irreversível e debilitante caracterizada pela perda total ou parcial de dentes naturais. Existem diversas classificações para os vários casos de edentulismo, sendo incorreto classificar todos os casos como iguais. Em certos casos, existe a possibilidade de efetuar o tratamento através de técnicas convencionais e utilizando dentições completas. No entanto, é necessário efetuar intervenções cirúrgicas para efetuar a reconstrução da estrutura óssea que serve de suporte aos dentes. Estas variações existentes de paciente para paciente são essenciais para a obtenção de um tratamento correto que permita restaurar a função da arcada dentária, assim como o conforto subjacente (16). Na Figura 4 encontra-se uma radiografia de um paciente com edentulismo, onde é possível verificar retração óssea no maxilar superior e no maxilar inferior, onde já foram colocados implantes.

É difícil fazer uma comparação direta entre a taxa de edentulismo em diferentes países uma vez que têm de ser considerados diferentes fatores, como a educação, as circunstâncias económicas, o estilo de vida e o conhecimento sobre saúde oral. Mesmo dentro do mesmo país podem existir diferentes taxas de edentulismo. Em zonas mais industrializadas existe, normalmente, menores taxas de edentulismo do que em zonas mais rurais (17). Nos últimos 20 anos, a percentagem de pessoas que consegue manter os seus dentes naturais até uma idade mais avançada tem aumentado nos países desenvolvidos. O contrário é verificado nos países mais pobres onde, ao invés de se tratarem os dentes com problemas, estes são retirados, aumentando assim a taxa de pessoas com edentulismo. É possível que, ao longo dos anos, se venha a verificar uma maior necessidade de tratamentos para este problema uma vez que, mesmo nos países desenvolvidos, é cada vez maior a esperança média de vida, o que significa que cada vez mais existem idosos com necessidades de utilizarem dentições ou colocarem implantes para colmatar a falta de dentes naturais (18).

Segundo o Barómetro de Saúde Oral Portugal de 2018 (19), realizado pela Ordem dos Médicos Dentistas, recorrendo a 1102 entrevistas a homens e mulheres com 16 ou mais anos foram retiradas as seguintes conclusões: 13% dos portugueses nunca visitam o médico dentista ou apenas o fazem em situações de emergências existindo uma correlação negativa entre a falta de dentes naturais e a frequência de visitas ao médico dentista; apenas 29,8% dos portugueses apresentam dentição completa, excluindo os dentes do siso, sendo a falta de dentes mais frequente em indivíduos do sexo feminino; dos portugueses que apresentam falta de dentes naturais, apenas 55,5% têm dentes de substituição sendo que 38% apresentam prótese ou dentição e 7,4% apresentam implantes (19).

O edentulismo pode ser causado por questões genéticas, por infeções bacterianas ou por questões traumáticas. Estudos indicam que a probabilidade de jovens adultos com apenas alguns dentes passarem a um edentulismo completo, ou seja, ficarem completamente desdentados, é semelhante à probabilidade de idosos ficarem na mesma situação. Isto sugere que, mesmo tendo atenção a todos os cuidados inerentes à saúde oral, a melhor forma de manter todos os dentes é não permitir a perda dos primeiros. Na Figura 4 encontra-se uma radiografia de um paciente com edentulismo (19).

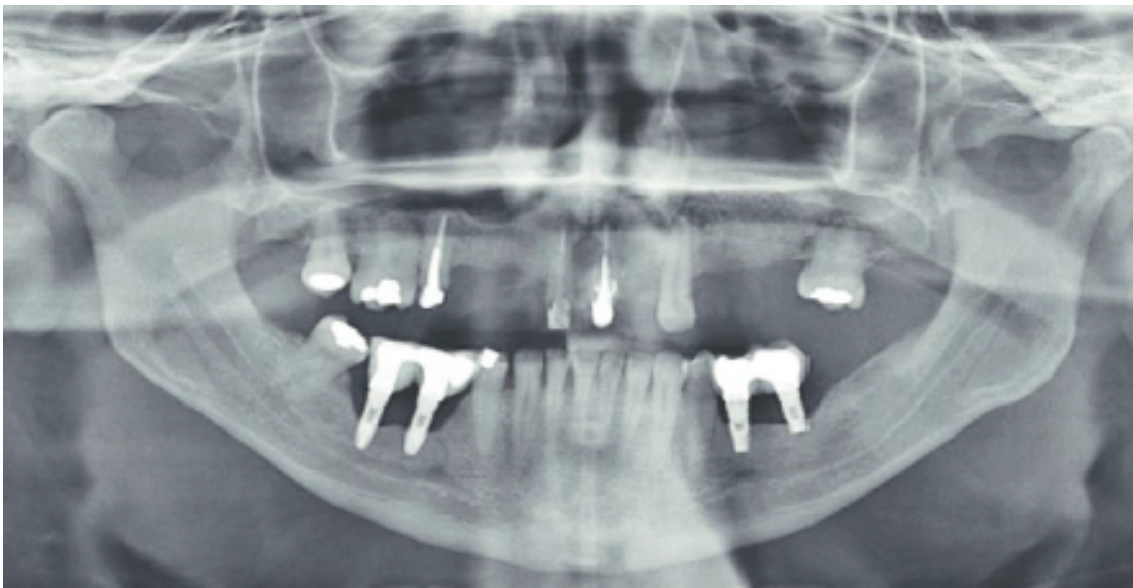


Figura 4: radiografia panorâmica de um paciente com edentulismo. No maxilar superior, é possível verificar retração óssea nas zonas edêntulas. No maxilar inferior, e mesmo após a colocação dos implantes, verificou-se retração óssea (20).

### **2.1.1 Comorbilidades**

Foi estudada a relação entre o edentulismo e outras comorbilidades associadas ao edentulismo, sendo esta relação dependente de vários fatores, como por exemplo a dieta e nutrição assim como a higiene oral que é praticada. Existe maior taxa de edentulismo em pessoas com uma maior quantidade de depósitos de placa bacteriana, pessoas que afirmam escovar os dentes com menor frequência, e pessoas cuja sua última visita ao dentista foi há mais de um ano e que não têm o hábito de ir ao dentista. Em pessoas que apresentam saúde geral mais débil esta taxa também é maior, e, no sentido aposto, foi encontrado um padrão de um maior nível de ingestão de nutrientes em pessoas que permaneçam com a sua dentição completa (21).

Existe também uma relação entre o tabagismo e o edentulismo. Na China, a probabilidade de um fumador apresentar edentulismo é cerca de 60 vezes maior do que um não fumador. O tabagismo tem vindo a ser reportado como um fator para uma pior saúde oral e, conseqüentemente, para a perda de dentes. Também o álcool é apresentado como um fator de risco. Quanto à nutrição, a relação com o edentulismo pode ser indiretamente um fator de risco. As dietas ricas em gorduras e açúcares refinados e pobres em fibras e vitaminas, e por estas se associarem às cáries, fazem aumentar a taxa de edentulismo (21).

### **2.1.2 Soluções para o edentulismo**

Sendo o edentulismo uma condição que afeta pessoas em todas as faixas etárias e de todos os grupos sociais impactando a sua qualidade de vida, a procura por soluções que reduzam os constrangimentos associados a esta patologia surge de forma natural, apresentando-se como um desafio para todos os que as procuram.

Uma das formas mais utilizadas para reduzir as conseqüências desta patologia passa pela colocação de próteses removíveis completas ou de apenas alguns dentes. Estas prótese apresentam-se como uma solução mais barata e que pode aumentar a qualidade de vida de pessoas com edentulismo. Apesar da capacidade de colmatar alguns problemas, dando a estas pessoas a capacidade de se alimentarem mais facilmente, e, acima de tudo, recuperando a sua autoestima, estas próteses apresentam algumas limitações. Um dos maiores problemas passa pela adaptação do paciente à utilização da prótese, sendo que este fator varia dependendo da idade, do gênero e até mesmo da qualidade óssea apresentada pelo paciente. Isto leva a que muitos pacientes procurem formas de tratamento mais eficazes, surgindo assim a opção de colocar implantes dentários (22; 23; 24). Estes implantes, normalmente feitos de titânio,

envolvem a realização de uma intervenção cirúrgica para a sua colocação e nem todos os pacientes apresentam condições para a sua colocação (24; 25; 26).

### **Implantes hexagonais externos**

Os implantes de conexão hexagonal externa representaram um avanço pioneiro na medicina dentária, mantendo sua relevância até os dias de hoje. Neste tipo de implante é estabelecida uma interligação direta entre o pilar protético e o implante. Inúmeras fontes convergem na avaliação positiva desse modelo, especialmente no contexto de procedimentos cirúrgicos em duas etapas, bem como na reabilitação de vários casos clínicos. Nestes implantes, destaca-se o facto de terem um sistema anti-rotacional robusto, uma possível reversibilidade total e uma elevada versatilidade que faz com que estes sejam compatíveis com diversos tipos de sistemas (22; 27; 28).

Há também algumas considerações a fazer em relação a desvantagens relativas a este tipo de implantes. Este tipo de implante apresenta como desvantagens a micromovimentação na junção implante/pilar devido à reduzida altura do hexágono que pode resultar na quebra do parafuso. Além disso, estes implantes exibem um ponto de rotação elevado, o que, por sua vez, compromete sua estabilidade em movimentos laterais e rotacionais, favorecendo a formação de pequenas aberturas entre o implante e o pilar. Isto, por sua vez, propicia o desenvolvimento de reabsorções ósseas na região circundante à porção cervical do implante (29; 30; 31).

### **Implantes hexagonais internos**

Devido ao notável êxito alcançado nos tratamentos de reabilitação por meio de implantes ósseo-integráveis, os esforços de investigação para aprimorar seu desempenho biomecânico persistiram. O objetivo era a adoção de sistemas de conexão que oferecessem maior estabilidade sob a perspectiva da reabsorção óssea e da sustentação protética, visando atingir níveis superiores de desempenho estético e mecânico em relação aos tradicionais implantes hexagonais externos. Nesse contexto, surgiu a conexão com hexágono interno, que procurava mitigar os problemas inerentes ao sistema hexagonais externos, como a lacuna existente entre o implante e o pilar (32; 33; 34).

A principal vantagem do sistema de hexágono interno reside na significativa minimização das fraturas do parafuso. Com este sistema, é criada uma ligação mais profunda e com maior contacto entre o pilar e as paredes do implante, aumentando a sua estabilidade. Isto permite reduzir consideravelmente os micro-movimentos que geravam as fraturas do implante ou do parafuso. Estas características fazem com que estes implantes sejam bastante adequados para tratamentos de implantes unitários. Na Figura 5

é possível verificar a comparação entre as ligações dos dois tipos de implantes abordados e as suas principais diferenças (35; 36).

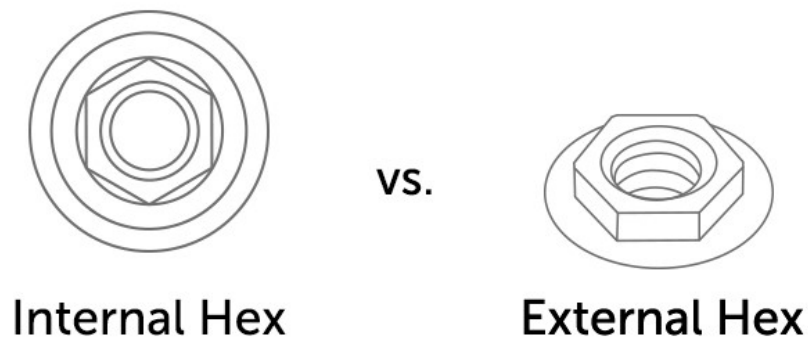


Figura 5: exemplo de um implante hexagonal externo e de um implante hexagonal interno (37).

### **Implantes cone morse**

Em 1834, Stephen A. Morse inovou ao criar a conexão cone Morse, que consiste numa série de hastes cónicas que se acoplam entre si. Originalmente, essa técnica foi desenvolvida como um padrão internacional para uma variedade de fixações, incluindo rodas de veículos. Com o passar do tempo, as características dessa conexão foram ajustadas para atender a uma ampla gama de tamanhos, culminando, por fim, na sua aplicação em implantes dentários ósseo-integráveis (38; 39; 40).

Muitos especialistas reconhecem que o sistema de conexão cone Morse destaca-se em relação aos demais tipos de implantes. Este tipo de implantes apresenta um sistema anti-rotação mais eficaz e uma melhor adaptação entre o implante e o pilar, eliminando a micro-fenda que existe entre esses dois componentes nos implantes com conexão hexagonal externa, aumentando assim a sua estabilidade e conferindo a este sistema um desempenho mecânico. Este avanço reduz significativamente a reabsorção óssea peri-implantar, que anteriormente ocorria devido à colonização de bactérias na micro-fenda entre o pilar e o implante. Além disso, a eliminação dos micro-movimentos resulta numa diminuição na incidência de fraturas dos parafusos de conexão (38; 39; 40).

### **2.1.3 Técnicas de regeneração óssea**

Pacientes que perderam alguns ou todos os dentes podem recuperar a função e a estética dentária com implantes orais, uma prática comum e confiável há décadas. Porém, quando a crista alveolar apresenta condições desfavoráveis, por causa de atrofia, doença periodontal ou traumas anteriores, o volume ósseo

pode ser insuficiente ou a relação interarcada pode ser desfavorável nos planos vertical, transversal e sagital, dificultando ou impedindo a colocação de implantes de forma adequada funcional e esteticamente (26; 41; 42).

Os implantes dentários são uma solução bem-sucedida para pacientes que não têm nenhum ou alguns dentes. Depois dos dentes do maxilar superior posterior serem perdidos, a atrofia óssea e os seios maxilares pneumáticos reduzem a altura óssea, o que complica a implantação. Uma forma de resolver esse problema é fazer a elevação do seio maxilar, que aumenta a altura óssea no maxilar superior posterior e tem um alto índice de sucesso. Desde que Boyne e James introduziram essa técnica, vários materiais de enxerto foram utilizados para aumentar o espaço antral, como auto-enxertos, ossos aloge-nicos, xenoenxertos ou uma mistura de ambos (43; 44; 45). Para que a colocação do implante seja bem-sucedida, é essencial obter um diagnóstico preciso, que inclua uma avaliação da disponibilidade óssea. É preciso fazer observações clínicas e radiológicas para medir a dimensão do osso e das estruturas próximas. Se houver alguma incerteza, uma TC pode ser útil para analisar o espaço em três dimensões. A TC é uma técnica eficaz para avaliar a qualidade e quantidade de osso e identificar possíveis patologias. A TC permite também medir diretamente as dimensões ósseas e diferenciar tecidos ósseos para analisar a viabilidade dos implantes (46; 47).

### **Osteogênese por distração**

Para recuperar a altura do osso alveolar perdido em casos de defeitos verticais, a distração osteogénica é um procedimento que permite o aumento do osso e dos tecidos moles. O procedimento consiste em separar duas partes de osso de forma lenta e sob tensão, criando um espaço que é preenchido por osso novo. A separação pode ser feita numa direção vertical e/ou horizontal. A osteogênese por distração tem quatro fases principais: fixação do distrator aos segmentos ósseos com uma distância de 1 a 2 mm entre eles; um período de latência para a cicatrização inicial; a distração ativa; e após o fim da distração, um período extra de 4 a 6 semanas em que os dispositivos ficam no local para a consolidação do osso novo (48; 49; 50; 51). Na fase de latência, o tecido mole regenera-se e a ferida cicatriza após a cirurgia. Na fase de distração, as duas partes de osso são afastadas gradualmente a uma taxa de 1 mm por dia. Na fase de consolidação, o osso novo regenera-se no espaço criado. Na fase de fixação, o distrator é fixado aos segmentos ósseos com uma distância de 1 a 2 mm entre eles. Para otimizar o aumento ósseo dos defeitos usando esta técnica, é preciso ter um mínimo de 6 a 7 mm de altura óssea acima das estruturas vitais, como o nervo alveolar inferior ou o seio maxilar. O tamanho do defeito também é importante e deve ser de pelo menos 3 a 4 mm e abranger três ou mais dentes em falta. Com esta abordagem, foi



relatado um ganho ósseo vertical de até 9 mm usando o distrator (52; 53; 54; 55).

### **Regeneração óssea guiada**

A Regeneração óssea guiada (ROG) é uma técnica fundamental na implantodontia amplamente usada para tratar pacientes com insuficiência óssea. Esta abordagem cirúrgica envolve o uso de membranas para proteger e direcionar o crescimento ósseo em áreas com rebordos alveolares reabsorvidos, inadequados para implantes dentários osteointegrados. A ROG baseia-se na promoção da osteogênese por meio de biomateriais, criando um ambiente propício para a formação óssea regional (56; 57; 58).

Esta técnica é crucial quando se procura suporte ósseo adequado para implantes dentários, especialmente em casos de deficiência óssea. A ROG pode ser realizada com diferentes substitutos ósseos, com ou sem a utilização de membranas reabsorvíveis ou não reabsorvíveis. Para que a regeneração óssea seja eficaz, é necessário o envolvimento de três tipos de células fundamentais: os osteoclastos, que reabsorvem o material enxertado; os osteoblastos, responsáveis pela formação da matriz óssea; e as células osteoprogenitoras, que podem ser estimuladas por fatores de crescimento presentes nos biomateriais, diferenciando-se em osteoblastos e contribuindo para a produção de matriz óssea (57; 59). As células osteoprogenitoras, encontradas no periósteo, são células indiferenciadas que não possuem características específicas de células produtoras de tecido ósseo. No entanto, quando estimuladas por fatores de crescimento presentes no biomaterial utilizado para promover a ROG, essas células diferenciam-se em osteoblastos e começam a produzir matriz óssea (57; 58). Além disso, os osteoclastos, que são células hematopoiéticas, desempenham um papel fundamental no processo de ROG. Eles são capazes de reabsorver o material enxertado à medida que o novo tecido ósseo é depositado, contribuindo para o processo de remodelação do osso recém-formado. Portanto, tanto as células produtoras de novo osso quanto os osteoclastos desempenham funções essenciais na ROG (57; 60).

Outros requisitos essenciais para a ROG incluem a integridade do tecido ósseo, a adequada vascularização para nutrir o novo osso, a estabilidade mecânica durante o processo de cicatrização, o espaço suficiente para a deposição de biomateriais e a preservação do tecido periosteal, que oferece células osteoprogenitoras adicionais, bem como suporte vascular e nutrição para o osso em formação (59; 61).

A ROG atravessa três fases distintas: inflamatória, caracterizada pelo extravasamento de sangue e formação de novos vasos sanguíneos; reparadora, com o agrupamento de osteoblastos e osteoclastos que fagocitam os mediadores inflamatórios e os tecidos desnecessários; e remodeladora, na qual os osteoblastos depositam matriz óssea, restaurando a área afetada (62; 63). Além dos substitutos ósseos, as membranas reabsorvíveis e não reabsorvíveis desempenham um papel importante na ROG. Posicionadas

adequadamente, estas membranas separam os tecidos moles e ósseos, criando um ambiente favorável para a multiplicação celular, neoformação de vasos sanguíneos e deposição de matriz mineralizada na região alvo (62; 63; 64).

### **Regeneração óssea por bloco**

Diferentes investigações clínicas têm fornecido evidências sólidas de que é viável, de maneira previsível, incorporar uma quantidade substancial de aumento horizontal em áreas ósseas deficientes por meio da aplicação de enxertos autógenos em bloco. É crucial, contudo, ressaltar que essa técnica cirúrgica exige uma extrema sensibilidade técnica. A estabilização e o contacto preciso desses blocos com o leito recetor, que deve ser cuidadosamente preparado, devem ser minuciosamente assegurados para garantir o êxito deste procedimento (65; 66).

As técnicas de enxerto autógeno em bloco têm sido amplamente usadas em diversas regiões intra-orais, tanto no maxilar superior como na mandíbula, onde a perda óssea horizontal e vertical na crista edêntula é uma preocupação. Ao longo do tempo, demonstrou-se que esses procedimentos alcançam taxas de sucesso consideráveis. As principais áreas de colheita de enxertos autógenos em bloco intraorais incluem a crista oblíqua externa da mandíbula posterior, o ramo mandibular para obtenção de um bloco composto exclusivamente por osso cortical e a sínfise para obter um bloco que contenha osso cortical e esponjoso (65; 67; 68).

A revascularização desses enxertos em bloco é um fator essencial para manter a sua vitalidade, reduzindo, assim, os riscos de infecção e necrose do enxerto. Os enxertos ósseos autógenos, sejam na forma de bloco ou particulado, permanecem como o padrão para o aumento de crista alveolar. Contudo, a morbidade no local doador associada à colheita de enxertos em bloco, tem levado a um interesse crescente no uso de materiais alo gênicos para enxertos em bloco. Alguns estudos têm demonstrado sucesso no uso de enxertos ósseos alógenos liofilizado (DFDBA) em procedimentos de aumento de crista horizontal e vertical. As partículas de FDBA e DFDBA são frequentemente implementadas em conjunto com membranas de barreira (67; 68; 69). O DFDBA consiste num aloenxerto composto pela matriz óssea desmineralizada resultante da desmineralização de um aloenxerto ósseo liofilizado. Embora haja uma variedade de opções de enxertos ósseos utilizadas na regeneração do tecido periodontal, o DFDBA é amplamente usado. Este material tem-se mostrado eficaz na reconstrução de defeitos periodontais e furcais, demonstrando também efeitos osteoindutivos. Quando implantado em ossos bem vascularizados, ele tem a capacidade de estimular a adesão celular, a migração celular e a osteogênese. O DFDBA contém proteína morfogenética óssea que promove a formação de novo tecido ósseo durante o processo de cicatrização. Portanto, é uma

opção eficaz para a regeneração óssea (70; 71; 72; 73).

A técnica de enxerto ósseo autógeno utilizada em conjunto com implantes dentários é considerada uma prática bem estabelecida na reabilitação oral e maxilofacial. Para a instalação de implantes endoósseos, é imprescindível contar com um volume ósseo adequado para garantir uma cobertura completa do osso. É possível a utilização de osso autógeno através de diversas fontes, incluindo a calvária, a tibia e a crista ilíaca. Embora a crista ilíaca seja frequentemente utilizada na reconstrução de grandes áreas da mandíbula, nem sempre é a opção recomendada, devido à morbidade associada, mudanças na locomoção e a necessidade de internamento hospitalar. Essas desvantagens, aliadas ao facto de que os implantes dentários não envolvem grandes volumes de osso, levaram ao crescente uso de enxertos ósseos em bloco intraorais, provenientes especialmente da sínfise e do ramo mandibular. Estes oferecem inúmeras vantagens, como acesso cirúrgico convencional e a proximidade entre o local doador e recetor, reduzindo tanto o tempo de operação como o de anestesia. Além disso, não deixam cicatrizes visíveis na pele, e os pacientes relatam níveis mínimos de desconforto e morbidade em comparação com as colheitas de enxertos em locais extraorais (66; 68; 70; 73).

### **Materiais de enxerto ósseo**

Os materiais de enxerto ósseo devem apresentar duas características cruciais para o sucesso do procedimento. Em primeiro lugar, é essencial que sejam imunologicamente inertes, o que significa que não devem desencadear reações de rejeição ou transmitir doenças. Além disso, esses materiais devem ser biocompatíveis e, de preferência, passíveis de reabsorção após a conclusão do processo de regeneração óssea. Do ponto de vista fisiológico, um enxerto ósseo ideal deve promover tanto a formação de novo osso (osteogénese) e servir de guia para a orientação do crescimento ósseo (osteocondutividade) (74; 75).

No âmbito dos enxertos ósseos, existem diversas opções disponíveis, incluindo autoenxertos (usando tecido do próprio paciente), aloenxertos (de doadores), xenoenxertos (de espécies diferentes) e materiais aloplásticos (sintéticos). A principal finalidade de um enxerto é a manutenção do espaço necessário para evitar o crescimento de tecido mole e garantir a estabilidade mecânica. Além disso, atuam como guias para a formação óssea, desempenhando um papel determinante na osteogénese e no processo de cicatrização (76; 77; 78).

### **Autoenxertos**

Os autoenxertos possuem propriedades notáveis, como a capacidade osteoindutiva, osteocondutora e osteogénica, que, em alguns casos, podem ser combinadas com outros materiais de enxerto para

potenciar o resultado. Nas primeiras investigações publicadas sobre o tema, o osso autógeno era aclamado como o padrão devido à sua alta compatibilidade com o organismo, o seu potencial para promover a formação de osso novo e a sua habilidade para se integrar sem causar problemas imunológicos. Além disso, o osso autógeno é capaz de liberar fatores de crescimento e tem um histórico de sucesso clínico (79; 80; 81).

No entanto, a colheita de osso autógeno requer um segundo procedimento cirúrgico, o que aumenta o tempo da cirurgia, o risco de morbidade e o desconforto do paciente. Além disso, esse tipo de enxerto tende a sofrer reabsorção, especialmente quando proveniente de fontes extraorais, o que resulta em ganho ósseo limitado. Os locais intra-orais, como o ramo da mandíbula ou a tuberosidade maxilar, têm limitações em termos de volume ósseo, o que pode ser insuficiente em casos de reabsorções ósseas graves (82; 83; 84).

A coleta de osso em locais intra-orais também apresenta riscos específicos. No caso do ramo da mandíbula, há o risco de lesão do nervo alveolar inferior, reabertura da incisão, e fratura da mandíbula. Já no caso da sínfise mandibular, as potenciais complicações incluem regeneração óssea incompleta, alteração na sensibilidade, morbidade pulpar, lesões nervosas, danos vasculares, reabertura da incisão e fratura da mandíbula (82; 85; 86).

## **Aloenxertos**

Os aloenxertos representam uma categoria de enxertos ósseos que se distinguem por serem obtidos a partir de doadores humanos, ao invés de serem colhidos do próprio paciente submetido ao procedimento cirúrgico. Estes enxertos são extraídos de indivíduos geneticamente compatíveis com o receptor, o que significa que o material doado provém de alguém da mesma espécie e com características genéticas semelhantes. Os aloenxertos podem incluir ossos cadavéricos obtidos através de várias técnicas, com subsequente redução de antígenos por meio de processos como a liofilização ou irradiação. Após esse processo, os enxertos são esterilizados e fornecidos por bancos devidamente licenciados, garantindo a sua segurança e qualidade (74; 87; 88).

Os aloenxertos são reconhecidos pelas suas notáveis propriedades osteocondutoras e osteoindutoras, o que os torna uma escolha eficaz para promover o crescimento ósseo. Além disso, a combinação de ácido hialurônico, um polímero natural e biocompatível, com o DFDBA tem demonstrado a capacidade de não comprometer os resultados clínicos do enxerto alógeno, ao mesmo tempo que reduz o tempo da cirurgia. Essa abordagem representa uma alternativa valiosa quando se pretende evitar a necessidade de um segundo local cirúrgico (89; 90).

## **Xenoenxertos**

Os xenoenxertos representam um tipo de enxerto ósseo proveniente de animais, frequentemente de origem bovina ou equina. Estes materiais são essencialmente inorgânicos em composição e passam por um processo químico que remove os componentes orgânicos, resultando na formação de uma estrutura mineral. Os xenoenxertos são conhecidos por possuir propriedades osteocondutoras, embora alguns estudos também tenham apontado para a existência de propriedades osteoindutoras em menor escala (91; 92). Esses enxertos são tecidos transplantados de uma espécie diferente para outra, e desempenham um papel crucial na manutenção do espaço necessário para prevenir o crescimento de tecido mole. Dessa forma, tornam-se elementos determinantes para a promoção da osteogênese e para o processo de cicatrização (93; 94).

Um exemplo notável de xenoenxerto é o BBM (por exemplo, Bio-oss), que tem sido usado há muitos anos como biomaterial em procedimentos de aumento ósseo e elevação do seio maxilar, com resultados clínicos consistentes (95; 96). O BBM é um material de enxerto que se assemelha à hidroxiapatite presente no tecido ósseo e consiste numa estrutura altamente porosa, semelhante ao osso cortical, na qual os componentes orgânicos foram removidos por processos químicos ou por meio de calor lento. Esta estrutura fornece suporte às células mediadoras da reabsorção, realizada pelas células gigantes multinucleadas, ao mesmo tempo que serve como um esqueleto para as células osteogênicas (94; 97).

## **Enxertos aloplásticos**

Os enxertos aloplásticos consistem numa categoria de materiais ósseos sintéticos desenvolvidos a partir de compostos como vidro bioativo ou fosfatos de cálcio. Estes enxertos sintéticos desempenham um papel fundamental como substitutos para o tecido ósseo e são classificados com base em características como porosidade, densidade e estrutura cristalina ou amorfa. Alguns exemplos incluem o beta-tricálcio fosfato, vidro bioativo e fosfato de cálcio. O que torna esses enxertos notáveis é a sua capacidade osteocondutiva, ou seja, a capacidade de promover o crescimento ósseo ao fornecer um suporte físico que orienta o processo de cicatrização e regeneração óssea (98; 99; 100).

Os enxertos aloplásticos são inteiramente de origem sintética, não tendo qualquer componente biológico ou proveniente de doadores. O seu propósito central é a criação de uma estrutura física que facilite o processo de cicatrização e o crescimento do tecido ósseo. A hidroxiapatite é um exemplo proeminente de enxerto aloplástico amplamente utilizado em medicina devido às suas notáveis propriedades osteocondutivas e aos consistentes resultados clínicos a médio e longo prazo (101; 102).

## 2.2 Anatomia da cabeça e face

### 2.2.1 Ossos

A principal função do sistema esquelético é conferir suporte e proteção aos restantes órgãos e estruturas do corpo humano, possibilitando a liberdade de movimentos do próprio corpo. É ainda responsável pelo armazenamento de minerais, como é o caso do cálcio, importantes para determinados processos fisiológicos. Estas reservas permitem que os níveis dos íons cálcio e fosfato se mantenham estáveis. A formação de células sanguíneas é também outra função importante assegurada pelo sistema esquelético, dado que as células como os glóbulos vermelhos e glóbulos brancos são produzidos na medula, que se encontra rodeada por uma estrutura sólida que lhe confere proteção, denominada osso compacto (1).

O crânio, em conjunto com a caixa torácica e a coluna vertebral compõem o esqueleto axial, formando assim o eixo longitudinal do corpo humano. O crânio é dividido em duas partes distintas: a caixa craniana e a face. Os ossos que constituem estas duas estruturas estão representados na Figura 6- São agora abordados os ossos que pertencem à face, em particular a mandíbula e o maxilar, dado serem os ossos nos quais os dentes se desenvolvem servindo de suporte para os mesmos (103).

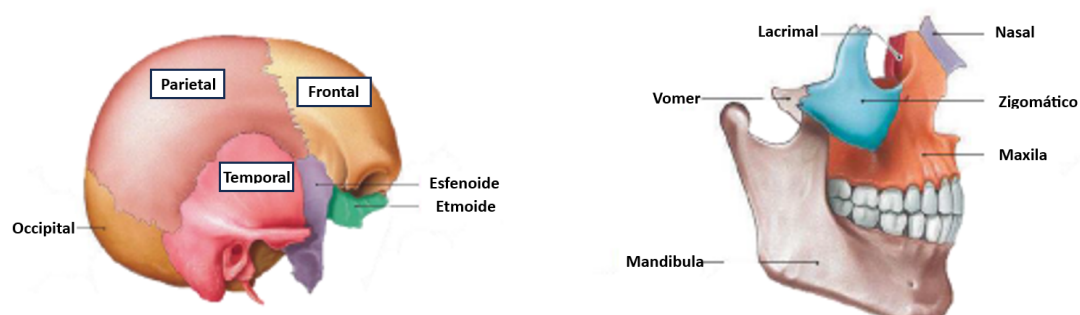


Figura 6: representação dos ossos pertencentes à caixa craniana (esquerda) e à face(direita). Adaptado de (103).

### Maxila

As maxilas esquerda e direita são ossos da face. São os maiores ossos da face e articulam-se com todos os restantes ossos da face, à exceção da mandíbula. Apresentam mobilidade e formam, assim, o maxilar superior. Estes dois ossos unem-se na sutura intermaxilar, na linha média da cavidade oral, entre os dois dentes incisivos, projetando-se na base da cavidade nasal (104). A vista lateral do maxilar superior encontra-se ilustrada na Figura 7. Cada maxila pode ser dividida entre maxila anterior e maxila posterior.

A maxila anterior é uma estrutura bastante importante no estudo dos dentes, dado que é uma área que pode frequentemente necessitar de intervenções cirúrgicas para, por exemplo, a colocação de implantes dentários (105; 106).

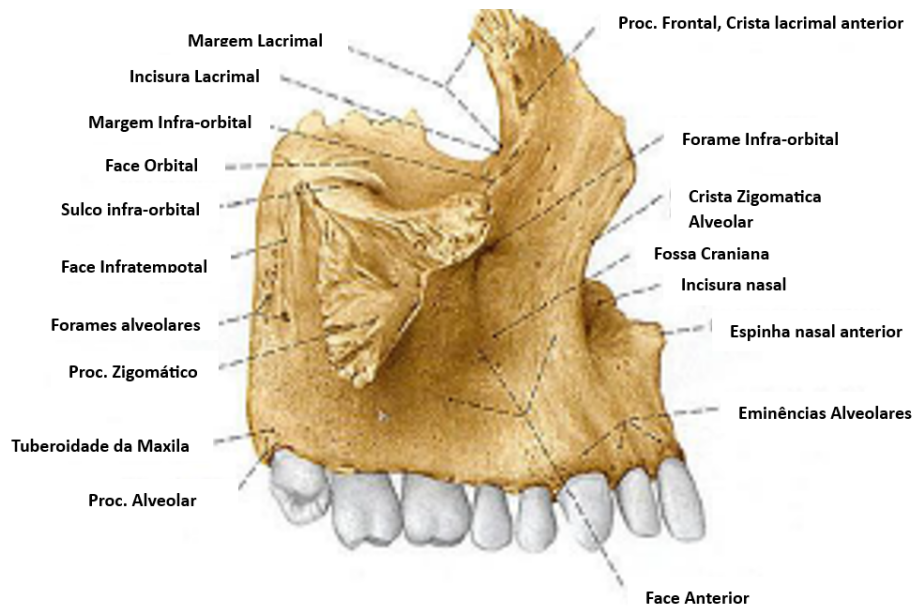


Figura 7: vista lateral do maxilar superior. Adaptado de (107).

O osso maxilar é responsável pelo suporte da parte superior da dentição, constituindo uma grande parte do esqueleto da face. É constituído por um corpo com forma piramidal, cuja base encontra a cavidade nasal e o vértice superior o osso zigomático. O maxilar é constituído por quatro processos - frontal, zigomático, palatino e alveolar – assim como por quatro superfícies – anterior ou facial, posterior ou infra temporal, media ou nasal e superior ou orbital. O processo frontal encontra-se entre o osso nasal e o osso lacrimal. O processo zigomático projeta-se lateralmente e articula-se com o osso zigomático, tal como o nome indica. O processo palatino articula-se com a maxila do lado oposto através da sutura intermaxilar. Finalmente, o processo alveolar projeta-se inferiormente suportando os dentes (1; 104; 108).

A maxila é delimitada pelo palato duro, na parte inferior, e pela cavidade nasal, na parte superior. Apesar do elevado número de implantes colocados nestas zonas, a perfuração da cavidade nasal é relativamente rara. Contudo, podem ser utilizados alguns tratamentos que permitam contrariar a limitação no volume do osso, como por exemplo a realização da elevação do chão da cavidade nasal aquando da colocação de implantes nesta zona (1; 109).

A espinha nasal anterior é uma estrutura localizada no maxilar superior anterior e é clinicamente relevante quando se fala em implantes. Esta estrutura é uma projeção óssea pontiaguda formada pela

continuação da crista nasal dentro da cavidade nasal, articulando-se com o vómer como a base para a cartilagem do septo nasal. Esta estrutura é um importante doador de osso cortical utilizado para efetuar correções em indivíduos que apresentem uma deficiência óssea na zona do implante, dada a sua localização imediata perto do local da cirurgia, assim como, o fácil acesso e visibilidade (104; 105).

A parte inferior do maxilar superior anterior é formada pelos processos alveolares e pelos respectivos dentes. Esta estrutura apresenta uma altura de cerca de 18,7 mm em homens e 17,6 em mulheres, ambos com a dentição completa. Em indivíduos que apresentam sinais de edentulismo este valor apresenta uma redução de 20 a 30% (104; 109; 110). Também a largura do processo alveolar é um fator importante para a consideração da colocação de implantes dentais.

A maxila posterior consiste na zona localizada desde o primeiro pré-molar até ao processo pterigóideo. A superfície superior ou infra temporal forma a parede da fossa infra temporal. Na zona inferior é delimitada pelos processos alveolares e pelos dentes, assim como pela maxila anterior. A maxila posterior comporta todos os dentes que se apresentam depois do primeiro molar. As dimensões dos processos alveolares do maxilar superior posterior são, normalmente, muito mais largos comparados com a maxila anterior, devido ao maior diâmetro dos molares em comparação com os outros dentes. Esta área é bastante importante em procedimentos cirúrgicos, desde a remoção de dentes à colocação e manutenção de implantes, uma vez que é uma área bastante vascularizada (106; 108).

A maior parte do maxilar superior, assim como grande parte das suas estruturas anatómicas, são irrigadas pela artéria superior posterior alveolar que deriva da artéria maxilar quando esta passa na fossa pterigopalatina. Um dos cuidados a ter aquando da execução de processos que necessitem de anestesia, é a injeção intra-arterial inadvertida. A ASPA entra no forâmen posterior superior alveolar na tuberosidade alveolar dividindo-se em ramos dentais e alveolares. Os ramos dentais alimentam o tecido pulposo dos dentes do maxilar superior posterior enquanto os ramos alveolares são responsáveis pela alimentação do periodonto, enquanto os ramos mais superficiais contribuem para a alimentação da gengiva (1; 109).

## **Mandíbula**

A mandíbula é um osso localizado na face e que desempenha um papel importante da medicina dentária. Pode ser dividido em duas partes: o corpo mandibular e o ramo mandibular. O corpo da mandíbula é mais grosso que o ramo sendo a sua área mais larga a zona se localiza ao nível das linhas oblíquas do músculo milo-hióideo, músculo responsável pela formação do piso da boca e da sustentação da língua. Esta é a parte que, normalmente, sustenta mais carga. O ramo da mandíbula é a secção vertical do osso e que é responsável pela sua articulação com os outros ossos da face. A fossa submandibular e a



crista milo-hióidea são duas estruturas proeminentes da parte da sublingual da mandíbula (1; 103; 109). A vista lateral da mandíbula encontra-se representada na Figura 8.

A sua estrutura interna mais importante é o canal mandibular. Percorre a zona desde o forâmen mandibular até ao forâmen mentoniano. É através do forâmen mentoniano que passa o nervo que transmite as informações sensoriais do lábio inferior e do queixo. Outra estrutura da mandíbula é o processo côndilar que se estende até à cabeça da mandíbula e se articula com a fossa mandibular do osso temporal formando a articulação temporomandibular. A presença ou ausência de dentes é um aspeto importante para a qualidade óssea da mandíbula (1; 109; 111).

A fossa sub-mandibular localiza-se na parte interior da mandíbula, abaixo da linha milo-hióideo. Ela estende-se desde a face anterior do músculo pterigóideo até à parte anterior do músculo milo-hióideo. A extensão desta depressão é normalmente denominada de concavidade lingual. Quanto mais côncava for esta depressão, maior é o risco de perfuração da fossa sub-mandibular aquando da realização de procedimentos cirúrgicos de remoção ou implantação de dentes. Esta preocupação levou à elaboração de diversos estudos utilizando tecnologias de imagiologia a três dimensões, de forma a avaliar a profundidade e morfologia desta região, assim como o risco de perfusão. É recomendada a realização de tecnologia 3D, como é o caso da TC, de forma a avaliar a extensão da fossa sub-mandibular em casos de planeamento de colocação de implantes dentários na zona posterior da mandíbula, especialmente no caso do segundo molar (1; 104).

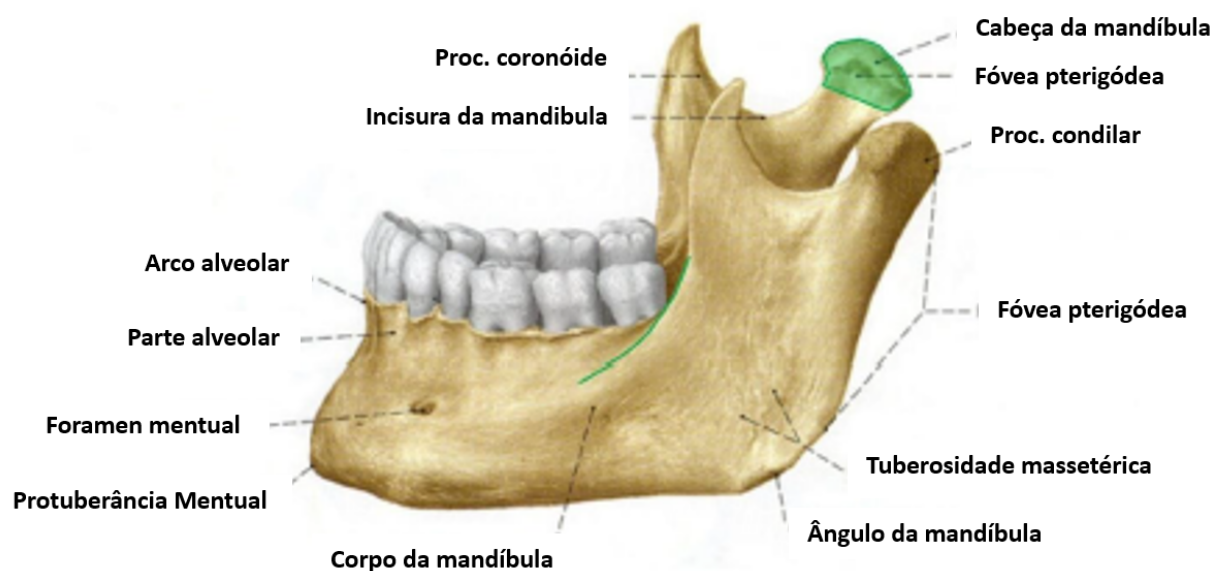


Figura 8: vista lateral da mandíbula. Adaptado de (112).

## 2.2.2 Nervos cranianos

Os nervos cranianos são parte do sistema nervoso periférico, ligando-se ao encéfalo e não à espinal medula. Existem 12 pares de nervos, numerados através de numeração romana e com um nome associado à sua principal função. Estes nervos são numerados de acordo com a sua posição em relação ao cérebro (103). Cada nervo craniano pode ter uma ou mais funções desde a função sensorial ou sensitiva, função motora e função parassimpática. As funções sensoriais incluem a visão, enquanto as funções sensitivas incluem o tato e a dor. As funções motoras estão ligadas, por exemplo, ao controlo dos músculos esqueléticos, transmitindo ao encéfalo a posição das diferentes partes do corpo através de fibras sensoriais proprioceptivas que transmitem ao sistema nervoso central impulsos desses músculos. A função parassimpática é responsável pela regulação de glândulas, músculo liso, vísceras e músculo cardíaco, constituindo parte do sistema nervoso autónomo (1; 113).

### Nervo trigêmeo

O nervo trigêmeo é considerado como sendo o segundo maior nervo craniano depois do nervo ótico sendo o maior nervo sensitivo somático da cabeça, recebendo processos sensoriais dos olhos, da pele da cara, assim como da cavidade oral incluindo os dentes e os tecidos que os suportam. Também transmite informação proprioceptiva dos músculos de mastigação e da articulação temporo-mandibular para o SNC (1). Este nervo divide-se em três grandes ramos em ambos os lados da cabeça denominados oftálmico, maxilar e mandibular como ilustrado na Figura 9. Os ramos oftálmicos e mandibular saem da parte superior do gânglio trigeminal enquanto o ramo mandibular sai através da parte inferior do gânglio (104). Esta divisão em ramos está associada com os gânglios ciliares, eseno-palatino, submandibulares e ótico. Os nervos presentes nesse gânglio, são responsáveis pela inervação de estruturas da face (114; 115).

O nervo oftálmico do nervo trigêmeo tem funções exclusivamente sensitivas. É responsável pela inervação de estruturas orbitais, da cavidade nasal e seios paranasais e da pele das sobrancelhas, pálpebras e nariz. Este nervo deixa o crânio pela fissura orbital superior e ramifica-se para o interior da órbita (116).

O nervo maxilar é um nervo cujas funções se limitam a funções exclusivamente sensitivas. Suplementa a pálpebra inferior, o lábio superior e o nariz, gengivas e dentes superiores, o palato e a faringe. Também este nervo se subdivide em diferentes ramos. Percorrendo todo o nervo, é possível subdividi-lo em diferentes ramos que apresentam funções diferentes dependendo da sua localização (1; 104).

O nervo infra orbital é uma das ramificações do nervo maxilar e é assim chamado aquando da passagem na fissura da órbita inferior. Cada nervo infra orbital passa pela base da órbita, emergindo na face, através do forâmen infra orbital. Do nervo infra orbital formam-se os nervos posterior, médio e ante-

rior superiores alveolares (104; 110). O nervo anterior superior alveolar viaja através do canal da parede anterior do seio maxilar, de forma a fornecer as regiões referentes aos dentes incisivos e caninos. O nervo médio superior alveolar, quando presente, passa junto da parede posterior lateral do seio maxilar de forma a enervar o primeiro molar. Ainda, na fossa pterigopalatina, formam-se alguns ramos denominados nervos alveolares posteriores superiores que são responsáveis pela inervação das zonas dos molares e pré-molares. Estes nervos atravessam a superfície posterior do maxilar superior perfurando no osso através do forãme alveolar posterior, sendo que as suas ramificações superiores passam no seio maxilar de forma a enervar a mucosa respiratória. As suas ramificações inferiores atravessam canais da parte posterior do maxilar superior, junto das raízes dos dentes, fornecendo-lhes inervação a eles assim como à gengiva que reveste esta zona. Já a parte correspondente à gengiva labial é inervada por ramos do nervo infra orbital (104; 115).

Em intervenções dentárias, é necessário ter bastante atenção às ramificações mandibular e maxilar do nervo trigêmeo, uma vez que, qualquer lesão nestas zonas poderá provocar dores ou até mesmo paralisia da zona afetada (114; 118).

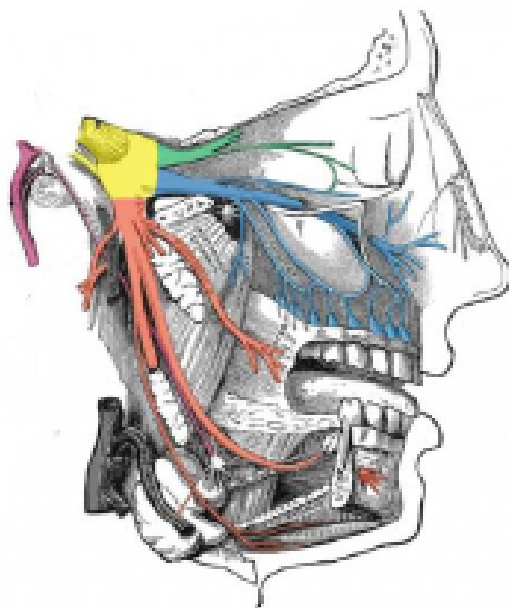


Figura 9: ramificações do Nervo Trigêmeo. A verde, o nervo oftalmológico; a azul, o nervo mandibular; a laranja o nervo maxilar. Adaptado de (117).

### **2.2.3 Cavidade oral - Anatomia**

A cavidade oral tem como funções a análise sensorial da comida antes da deglutição, a digestão mecânica através dos dentes da língua e das superfícies palatinas e a lubrificação (110) da comida com a saliva para efetuar uma digestão química limitada de lípidos e hidratos de carbono. É constituída por duas partes: o vestíbulo e a cavidade oral propriamente dita. Na prática clínica, a boca é referida como cavidade oral, no entanto o vestíbulo é utilizado para definir o espaço entre os lábios e bochechas e os alvéolos dentários (1). É também possível fazer a divisão da boca por quadrantes – superior esquerdo e direito e inferior esquerdo e direito, utilizando a linha média das superfícies oclusais para efetuar a divisão (104; 119).

#### **Mucosa oral**

A aparência da mucosa oral varia ao longo de toda a cavidade oral, existindo variações estruturais e regionais. Esta pode ser dividida em 3 tipos: mucosa de revestimento, mucosa mastigatória e mucosa gustatória (104). A mucosa de revestimento, encontra-se, normalmente, em zonas como por exemplo nas bochechas, na superfície interior dos lábios, a superfície ventral da língua, o chão da boca e o palato macio. Esta mucosa é normalmente rosa avermelhada e cobre o músculo estriado e uma grande parte das glândulas salivares (110; 119).

A mucosa mastigatória é encontrada em áreas associadas à mastigação, tal como, as gengivas e o palato duro. Contém uma camada externa de epitélio estratificado queratinizado sustentado pela lamina própria. Esta mucosa não apresenta submucosa na gengiva nem em áreas centrais do palato duro, existindo no resto das superfícies. Nas superfícies em que não existe esta submucosa, a lâmina própria está conectada ao periosteio por uma malha de fibras de colagénio, formando assim uma estrutura denominada periosteio mucoso. A mucosa mastigatória é mais fina que a mucosa de revestimento e apresenta uma cor rosa-claro (104; 110). A superfície mucosa que reveste os dentes os arcos alveolares e a gengiva é denominada por mucosa gengival.

#### **Vestíbulo**

O vestíbulo é o espaço que se localiza entre os dentes e os lábios e bochechas, comunicando com a cavidade oral propriamente dita através dos espaços interdentais e pelo espaço posterior ao último dente molar (120). Os lábios conectam-se aos alvéolos dentários de ambos os maxilares, superiores e inferiores, através de um ou mais freios-pregas mucosas que se podem ver levantando o lábio superior ou inferior e

que permitem a limitação do movimento do lábio, e, deste modo, uma melhor articulação dos movimentos (1; 109).

## Cavidade oral

A cavidade oral propriamente dita está localizada medialmente aos alvéolos dentários, sendo limitada na parte superior pelo palato duro e pelo palato, e na parte inferior suplantada na sua maioria pela língua e pelo sulco lingo-gengival (104). As principais estruturas da cavidade oral encontram-se ilustradas na Figura 10.

O palato constitui o teto da cavidade oral, separando a cavidade oral da cavidade nasal (109). Tem forma de ferradura, sendo constituído por uma zona óssea denominada palato duro e uma parte não óssea, localizado na zona posterior, designado palato mole, constituído por músculo esquelético e tecido conjuntivo (1). Suspenso ao palato mole encontra-se uma estrutura muscular chamada de úvula, cuja função é, em conjunto com o palato mole, fechar a parte nasal da faringe, impedindo que os alimentos entrem na cavidade nasal.

A língua é um órgão pertencente ao sistema digestivo cujas suas funções principais são auxiliar a deglutição e articular palavras, sendo também responsável pela mastigação, paladar e limpeza oral. É constituída por glândulas responsáveis pela secreção de enzimas, que permitem a quebra de gorduras, como os triglicérides, assim como por papilas gustativas, responsáveis pelo reconhecimento dos sabores das diferentes matérias (1; 109).

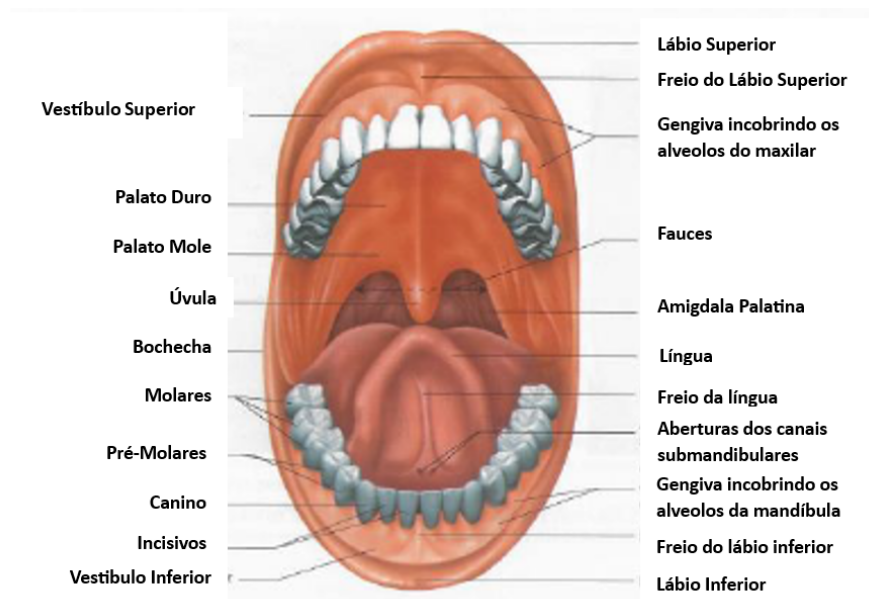


Figura 10: principais estruturas da cavidade oral. Adaptado de (1).

## 2.2.4 Dentição

Os dentes são estruturas calcificadas, consideradas órgãos acessórios do sistema digestivo. Constituem duas arcadas dentárias: uma superior, a mandibular e uma inferior, a maxilar (1; 109). A distribuição dos dentes é simétrica segundo ambos os eixos, sendo a sua principal função triturar e esmagar os alimentos, de forma a iniciar o processo de digestão que será depois processado através de enzimas e dos restantes órgãos do sistema digestivo.

As faces de um dente podem ser identificadas através da sua posição na boca tal como se encontra representado na Figura 11b). A face mesial encontra-se voltada para a linha média da arcada enquanto a face distal se encontra oposta à anterior. As outras duas faces a identificar são a face vestibular ou bucal, que se encontra voltada para o vestibulo e a face palatina ou lingual, oposta à face bucal (121).

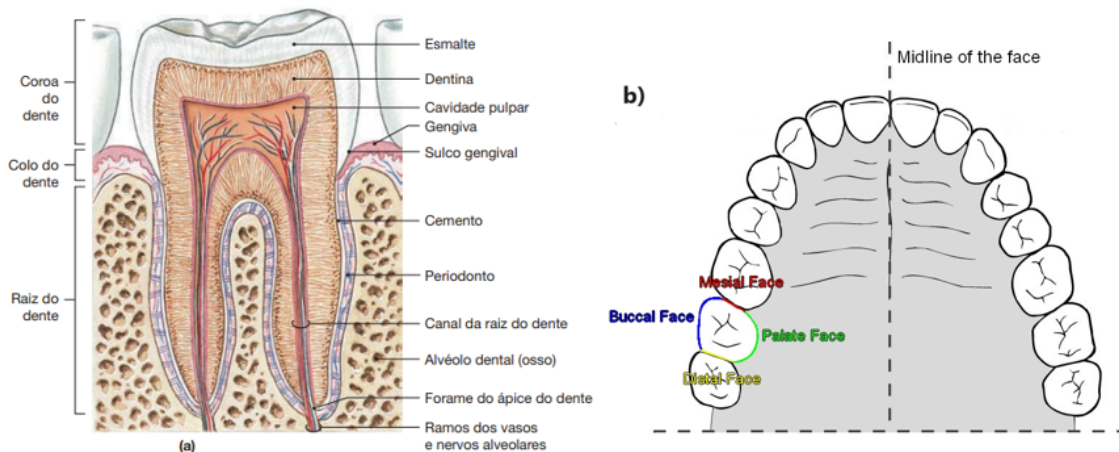


Figura 11: a) Representação do corte um molar e principais estruturas da coroa e da raiz. Adaptado de (103). b) Nomenclatura das quatro faces de um dente (122).

Todos os seres humanos apresentam, sob raras exceções, duas dentações. Uma primeira denominada decídua, comumente chamada de dentição de leite, e uma dentição permanente que surge posteriormente à primeira. Esta primeira dentição é constituída por 20 dentes, 5 em cada um dos 4 quadrantes como se pode verificar na Figura 12. Em cada quadrante, a dentição primária apresenta dois dentes incisivos, um canino e dois molares (103). Após desenvolvimento da face, numa fase mais avançada da infância, a dentição primária começa então a ser substituída pela dentição permanente representada na Figura 12. Ao contrário da dentição primária, esta dentição já apresenta 32 dentes e não 20. Este processo dá-se pela erosão do periodonto das raízes dos dentes decíduos, responsável pelo sustento do dente, resultando na sua queda e na erupção do dente permanente. Esta nova dentição apresenta, em cada quadrante, dois dentes incisivos, dois pré-molares e dois molares, podendo surgir ou não um terceiro

molar vulgarmente chamado de dente do siso (123).

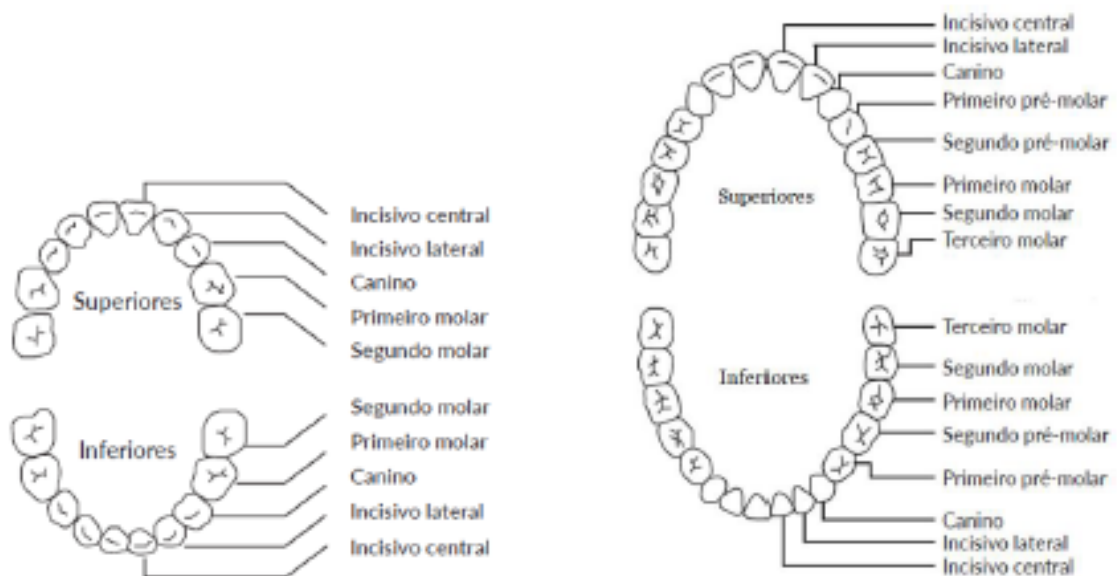


Figura 12: a) Representação da dentição decidua constituída por 20 dentes. Em cada arcada, quatro incisivos, dois caninos, e quatro molares. b) Representação da dentição permanente constituída por 32 dentes. Em cada arcada, quatro incisivos, dois caninos, dois pré-molares e seis molares. Adaptado de (124).

### Anatomia/morfologia dentária

Um dente normal apresenta três estruturas principais: a coroa, a raiz e o colo. A constituição dessas estruturas encontra-se ilustrada na Figura 12a). A coroa é definida como a porção do dente que se encontra visível e acima do nível da gengiva, sendo o colo do dente a zona que separa a coroa da raiz. A raiz é a parte do dente que se encontra abaixo da gengiva. O dente é constituído essencialmente por um tecido conjuntivo calcificado denominada dentina. Este tecido, além de conferir ao dente forma e rigidez recobre uma cavidade esponjosa, a cavidade pulpar, responsável pela vascularização e inervação do dente. Na zona da coroa, a dentina é coberta por esmalte, um material constituído essencialmente por fosfato de cálcio e carbonato de cálcio e considerado como a substância mais dura de fabricação biológica presente no corpo humano. A sua função é a fortalecer a mastigação aumentando a resistência do dente e proteger a dentina contra ácidos capazes de a dissolver. Na raiz, a dentina é coberta por cimento, uma substância semelhante ao osso, mas menos resistente à erosão quando comparada com o esmalte, servindo também de proteção contra substâncias potencialmente destrutivas da dentina. Este material

tem ainda a capacidade de ancorar a dentina ao alvéolo dentário através dos ligamentos periodontais. Na Figura 12 b) encontram-se as quatro faces de um dente (103; 109).

## **Esmalte**

A natureza não regenerativa do esmalte, faz com que, preservá-lo ao longo da vida, seja um objetivo primordial, uma vez que a sua perda torna-se permanente. O esmalte maduro é um material cristalino e é considerado o tecido mineralizado mais resistente do corpo humano suportando pressões muito elevadas. Possui uma matriz orgânica quase inexistente e é avascular não possuindo nervos internos. O esmalte é composto por cerca de 96% de material inorgânico ou mineralizado, 1% de material orgânico e 3% de água sendo que a substância cristalina mais abundante é a hidroxiapatite de cálcio. São também encontrados outros minerais em menor quantidade, como carbonato, magnésio, potássio, sódio e flúor (104; 125; 126).

Clinicamente, o esmalte é geralmente a única parte visível de um dente saudável pois cobre a coroa anatômica do dente. Para além disto, desempenha um papel fundamental na mastigação e na fala, fornecendo uma superfície dura capaz de resistir a impactos durante a mastigação. A sua espessura varia nas diferentes regiões do dente, sendo mais fino na região cervical e mais espesso nas superfícies que auxiliam a mastigação e onde o impacto é maior. Além disso, a espessura varia de acordo com o tipo de dente, sendo de 0 a 2 mm para os incisivos e 2,6 mm para os molares (127; 128).

A perda de esmalte pode ocorrer devido ao atrito causado pela escovagem excessiva ou pelo uso de pasta de dente abrasiva. Além disso, o esmalte pode ser perdido através da erosão química ou cáries que resultam da desmineralização do esmalte em condições em que o pH é inferior a 5,5 gerando condições propícias à produção de ácido por bactérias. Além de proteger a dentina contra influências térmicas, químicas e bacterianas, a dureza do esmalte serve para resistir ao stress mecânico durante a mastigação. A forma externa da coroa do dente é determinada pela camada de esmalte sendo os ameloblastos responsáveis por dar a forma específica dos dentes (126; 128).

## **Dentina**

A dentina é um tecido amarelado e avascular que compõe a maior parte de um dente. É um material duro e flexível constituído por 70% de conteúdo mineral, principalmente cristais de hidroxiapatite com carbonato de cálcio, e 20% de matriz orgânica, como o colágeno tipo I, as glicosaminoglicanas e as fosfoproteínas. A dentina é permeável devido ao seu alto teor de componentes orgânicos e à presença de túbulos, retendo produtos que causam manchas e levam a preocupações estéticas para os pacientes.



A formação da dentina primária ocorre a uma taxa constante, que decresce após conclusão na coroa e raiz do dente. Posteriormente, a dentina secundária é depositada lentamente e de forma intermitente ao longo da vida, reduzindo o tamanho da cavidade pulpar. A dentina secundária diferencia-se da dentina primária pela redução e disposição aleatória dos túbulos no seu interior (129; 130).

A dentina é coberta pelo esmalte na coroa e pelo cemento na raiz, envolvendo a polpa mais interna do dente. A translucidez do esmalte acima da dentina é responsável pelo tom amarelado subjacente da coroa de esmalte, que é mais pronunciado nos dentes permanentes. Quando a polpa sofre infecção ou morre, ocorre uma descoloração da dentina, causando o escurecimento da coroa clínica (131).

### **Polpa Dentária**

A polpa dentária é um tecido conjuntivo altamente inervado e vascularizado, localizado no interior da cavidade pulpar do dente. Desempenha um papel fundamental na nutrição e síntese da camada de odontoblastos, que são as células responsáveis pela formação da dentina. Para além deste componente, o tecido da polpa contém fibroblastos e fibrilas finas de colagénio, além de uma substância amorfa com diversos glicosaminoglicanos. Os vasos sanguíneos e as fibras nervosas mielinizadas, provenientes do gânglio trigeminal, penetram no dente pelo forame apical e formam um extenso plexo abaixo dos odontoblastos. Algumas fibras nervosas perdem as suas bainhas de mielina e estendem-se pelos túbulos presentes no seu interior sendo sensíveis à dor, alertando para possíveis problemas dentários (104; 132).

### **Cimento**

O cimento é o tecido que cobre as raízes dentárias, assemelhando-se ao osso. É composto, na sua maioria, por cristais de hidroxiapatite, responsáveis por 50% do seu peso mineralizado. No entanto, ao contrário do osso, o cimento é avascular, não possui nervos e é menos resistente. Geralmente, o cimento recobre levemente o esmalte, mas pode terminar na margem cervical, expondo a dentina. Quando isso ocorre e os túbulos permanecem expostos, os dentes podem-se tornar sensíveis a estímulos como a água fria. Com o avançar da idade, a raiz dentária pode ficar mais exposta na boca devido a desvio oclusal e retração gengival. Além disso, a escovagem dentária inadequada pode levar à abrasão do cimento, expondo a dentina subjacente. Existem dois tipos de cimento: o cimento acelular ou primário, que é fino e não contém células, e o cimento celular ou secundário, que é mais espesso e possui cementócitos, células semelhantes aos osteócitos, localizadas em lacunas dentro da matriz. A produção contínua de cimento no ápice da raiz compensa o desgaste fisiológico dos dentes e mantém o contacto próximo entre as raízes e seus alvéolos (133; 134).

## 2.2.5 Tipologia dentária

### Dentição Maxilar

#### Incisivos

O nosso sorriso é composto por quatro dentes chamados incisivos maxilares, que se encontram representados na Figura 13. Dois desses dentes são os incisivos centrais maxilares, localizados na parte frontal da nossa boca, um de cada lado da linha mediana. Assemelham-se em tamanho e formato, com as suas superfícies internas em contacto próximo. Os incisivos centrais maxilares têm uma função essencial na mastigação, agindo como dentes cortantes que ajudam a perfurar e cortar os alimentos. As suas bordas afiadas desempenham um papel importante nesse processo. É interessante notar que, em comparação com os caninos e os dentes posteriores, os incisivos não possuem cúspides, mas sim cristas e bordas incisais. O destaque desses dentes está na sua largura, sendo os mais largos de todos os dentes anteriores. A face externa deles é menos arredondada do que os incisivos laterais maxilares e do que os caninos, o que lhes confere uma aparência mais retangular (110; 135).

Normalmente, os incisivos centrais maxilares desenvolvem-se sem problemas, mas podem surgir algumas variações. Por exemplo, em alguns casos, pode ocorrer que o comprimento da raiz seja mais curto que o esperado, enquanto em outros, a coroa do dente pode ser anormalmente longa. Esses dentes têm um papel muito importante na nossa estética dentária, sendo os mais proeminentes e visíveis quando sorrimos. Devido à sua proximidade funcional, o incisivo lateral maxilar, que está ao lado do incisivo central, também possui características semelhantes, embora seja menor em todas as dimensões, exceto no comprimento da raiz (135).

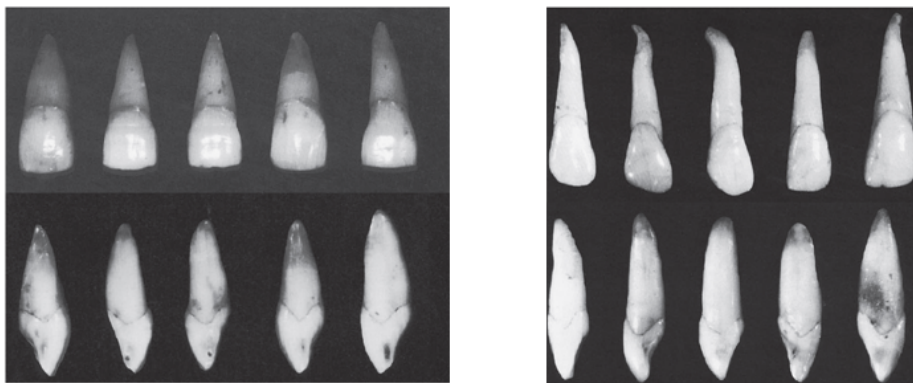


Figura 13: face vestibular e mesial dos incisivos centrais superiores e face vestibular e mesial dos incisivos laterais superiores. Adaptado de (135).

## Pré-Molares

São quatro os pré-molares maxilares, dois localizados no maxilar superior direita e dois no maxilar superior esquerda (Figura 14). Encontram-se na região posterior aos caninos e imediatamente anterior aos molares. O nome "pré-molares" é atribuído devido à sua posição antes dos molares na dentição permanente. O desenvolvimento dos pré-molares maxilares ocorre a partir de quatro lobos, assim como os dentes anteriores. No entanto, a característica que os distingue é a presença de uma cúspide lingual bem formada. Os segundos pré-molares, tanto no maxilar superior como na mandíbula, possuem cúspides menos afiadas do que os demais dentes. Quando as mandíbulas se aproximam, as suas cúspides encaixam-se nos dentes opostos, tornando-os eficientes para a trituração dos alimentos, funcionando de maneira similar aos molares, embora com uma capacidade mais reduzida (104; 135).

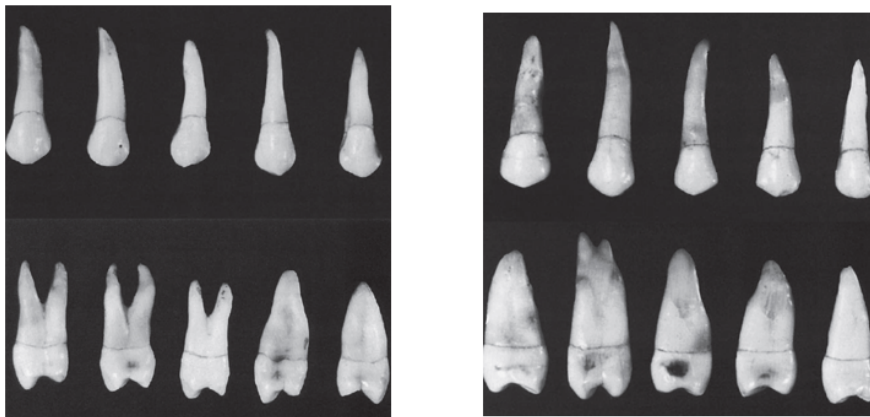


Figura 14: face vestibular e mesial do 1º pré-molar superior e face vestibular e mesial do 2º pré-molar superior. Adaptado de (135).

## Molares

Os molares superiores têm um formato único em comparação com os dentes mencionados anteriormente. Uma representação destes dentes encontra-se na Figura 15. A sua principal função é auxiliar os molares inferiores no processo de mastigação e fragmentação dos alimentos. São os maiores e mais resistentes dentes na maxila, graças ao seu tamanho e à firme fixação nas mandíbulas. A raiz dos molares pode não ser mais longa do que a dos pré-molares, mas, ao contrário de ter apenas uma única raiz ou uma raiz bifurcada, ela alarga-se na base em todas as direções e divide-se em três pontas bem desenvolvidas. As coroas dos molares possuem duas cúspides na superfície voltada para as bochechas e duas na superfície voltada para a língua. A sua erupção ocorre após a erupção dos molares inferiores. Quando o primeiro molar permanente (seja superior ou inferior) irrompe, entra em contacto com o segundo molar

decíduo. Dessa forma, o primeiro molar não é considerado um dente sucessor, pois não substitui nenhum dente decíduo. Os dentes decíduos permanecem todos nas suas posições e funcionando normalmente quando o primeiro molar assume seu lugar (110; 135).

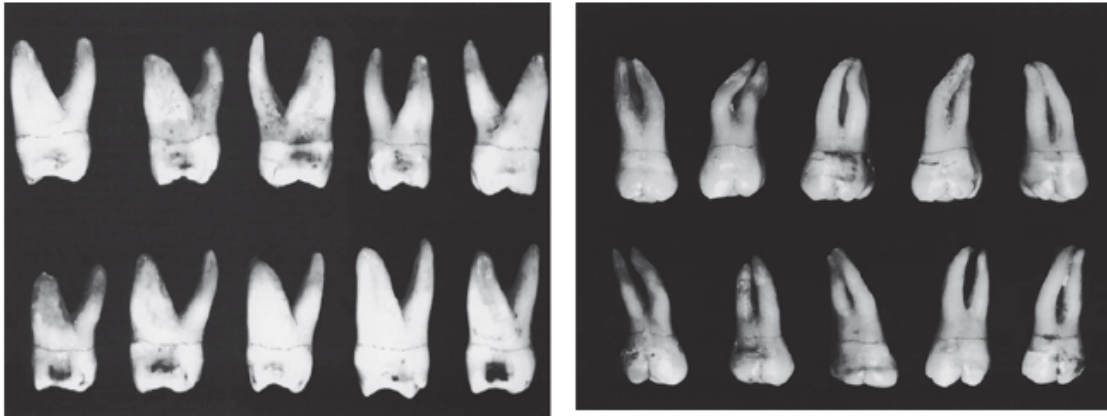


Figura 15: face vestibular e mesial do 1º molar superior e Face vestibular e mesial do 2º molar superior. Adaptado de (135).

O local normal para o primeiro molar permanente é no centro da mandíbula completamente desenvolvida, no sentido anteroposterior. Devido à importância da sua posição e ao processo de erupção, os primeiros molares também são considerados peças-chave das arcadas dentárias. Dentro da arcada superior, o primeiro molar é, geralmente, o dente de maior tamanho. Apresenta quatro cúspides bem desenvolvidas e uma cúspide adicional, que, na verdade, apresenta pouca utilidade prática (104).

## **Dentição Mandibular**

### **Incisivos**

Na mandíbula, encontramos quatro incisivos, representados na Figura 16. Os incisivos laterais mandibulares, também chamados de segundos incisivos, estão localizados mais distalmente em relação aos incisivos centrais. Fazem contacto com os incisivos centrais na parte mesial e com os caninos na parte distal. Por outro lado, os incisivos centrais mandibulares estão situados no centro da mandíbula, um de cada lado da linha média, e as suas superfícies mesiais tocam-se. A sua função passa por cortar os alimentos aquando da mordida, e por isso apresentam uma forma mais afiada. Os incisivos mandibulares apresentam dimensões mesiodistais menores em comparação com outros dentes. O incisivo central é ligeiramente menor que o incisivo lateral, o contrário do que ocorre na maxila. Esses dentes têm formas semelhantes e as suas superfícies coronárias são lisas, com poucas marcas de linhas de desenvolvimento. A forma anatômica dos incisivos mandibulares é completamente distinta da dos incisivos maxilares. As

coroas têm uma inclinação que varia nos aspectos mesial e distal (110; 135).

É geralmente o incisivo central mandibular que ostenta o título de menor dente nas arcadas dentárias. A sua coroa tem um diâmetro mesiodistal um pouco maior do que metade do diâmetro do incisivo central maxilar, contudo, o diâmetro lábio-lingual é apenas cerca de 1 mm menor. O incisivo lateral mandibular ocupa a posição do segundo dente a partir da linha média da mandíbula, seja à direita ou à esquerda. Apresenta bastantes semelhanças com o incisivo central mandibular. Estes dois incisivos operam em conjunto na arcada dentária (135).

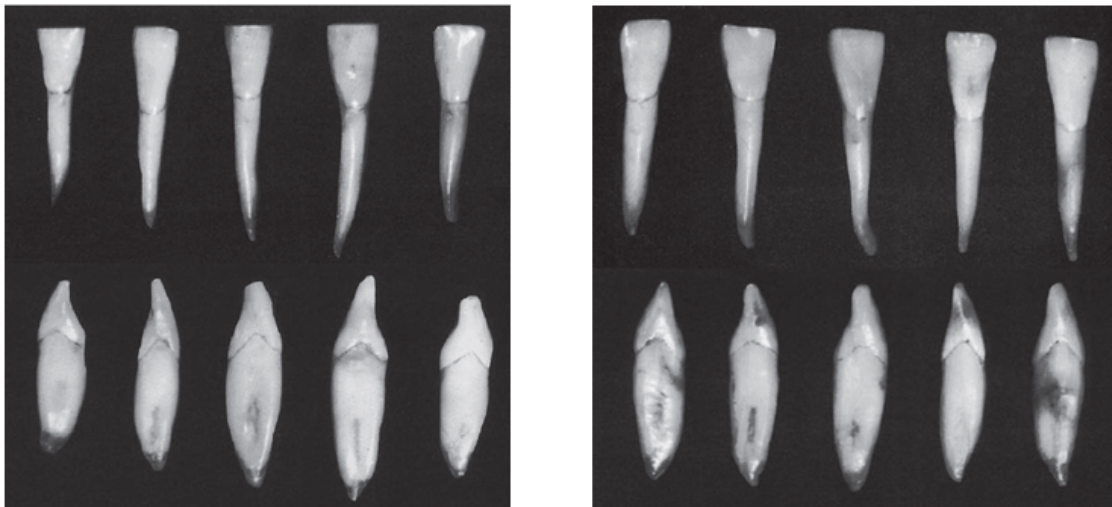


Figura 16: face vestibular e mesial dos incisivos centrais inferiores e face vestibular e mesial dos incisivos laterais inferiores. Adaptado de (135).

### **Pré-Molares**

São encontrados quatro pré-molares na mandíbula: dois à direita e dois à esquerda (Figura 17). Localizam-se anteriormente aos molares e posteriormente aos caninos mandibulares. Os primeiros pré-molares mandibulares têm a sua formação originada a partir de quatro lóbulos, assemelhando-se aos pré-molares maxilares. Na maioria dos casos, os segundos pré-molares mandibulares desenvolvem-se a partir de cinco lóbulos, sendo três lóbulos bucais e dois lóbulos linguais. No primeiro pré-molar, observa-se uma cúspide bucal robusta, longa e bem definida, em contraste com uma pequena cúspide lingual que não exerce função. Em geral, o segundo pré-molar apresenta três cúspides bem formadas: uma cúspide bucal grande e duas cúspides linguais menores. O primeiro pré-molar mandibular compartilha muitas características com um canino pequeno, uma vez que a sua cúspide bucal afiada é a única parte que realiza oclusão com os dentes maxilares. Ele atua em conjunto com o canino mandibular para cumprir

sua função. Por outro lado, o segundo pré-molar mandibular exibe características mais próximas às de um molar pequeno. Isso ocorre devido ao desenvolvimento bem definido das cúspides linguais. Esse facto coloca as cristas marginais numa posição mais elevada, resultando numa oclusão mais eficaz com os dentes opostos na mandíbula (110; 135).

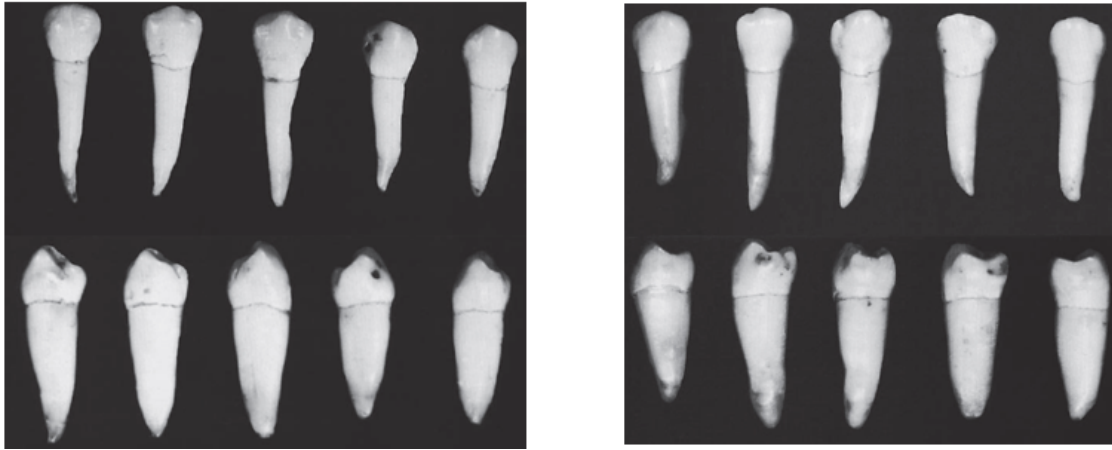


Figura 17: face vestibular e mesial do 1º pré-molar inferior e face vestibular e mesial do 2º pré-molar inferior. Adaptado de (135).

## **Molares**

Os molares mandibulares destacam-se pela sua dimensão superior em relação aos restantes dentes da mandíbula (Figura 18). Em cada hemimandíbula, são identificáveis três molares: o primeiro, o segundo e o terceiro. Estes dentes apresentam variações no número de cúspides, além de discrepâncias em tamanho, configuração oclusal e nos posicionamentos e comprimentos relativos das raízes. Na função de executar a maior parte das atividades da mandíbula inferior na trituração e fragmentação dos alimentos, os molares mandibulares destacam-se por serem os dentes mais amplos e robustos nessa região, tanto devido às suas dimensões quanto à forma como estão enraizados. Comumente, o primeiro molar mandibular sobressai como o dente de maiores proporções na arcada inferior. Dotado de cinco cúspides plenamente desenvolvidas, ele desempenha um papel crucial na eficácia do processo de mastigação e fragmentação alimentar (135).

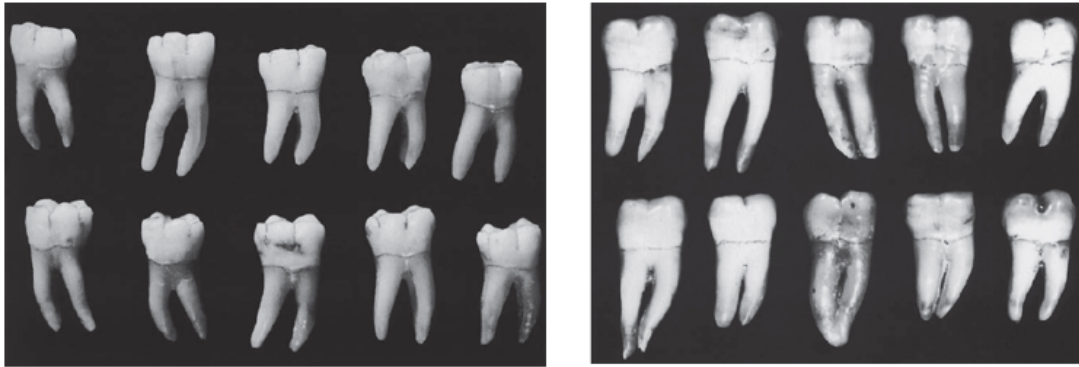


Figura 18: face vestibular e mesial do 1º molar inferior e face vestibular e mesial do 2º molar inferior. Adaptado de (135).

## Dentição mandibular e maxilar

### Terceiros molares

Os terceiros molares superiores (Figura 19 a)) são frequentemente vistos como uma anomalia de desenvolvimento, apresentando variações em tamanho, forma e posição em comparação com os outros dentes. Raramente alcançam o mesmo nível de desenvolvimento que o segundo molar superior, ao qual frequentemente se assemelha. Embora funcionem como um suplemento ao segundo molar, o seu design fundamental é bastante similar. Tanto os terceiros molares mandibulares como os maxilares exibem mais variações de desenvolvimento do que quaisquer outros dentes na boca, às vezes aparecendo como anomalias com pouca semelhança com os dentes vizinhos. O terceiro molar mandibular varia significativamente entre os indivíduos, apresentando várias anormalidades na sua forma. Alguns desses terceiros molares de tamanho maior podem ter raízes curtas e mal formadas, enquanto o oposto é provável para os terceiros molares maxilares, que são geralmente subdesenvolvidos (104; 135).

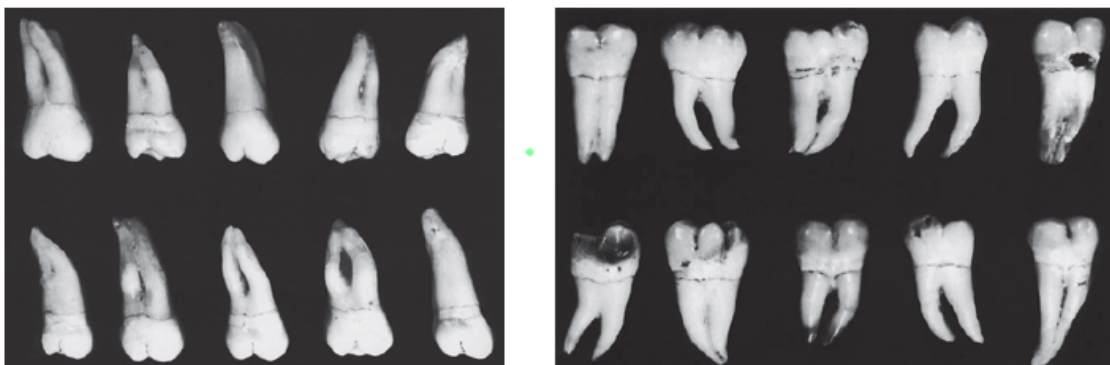


Figura 19: face vestibular e mesial do 3º molar superior e Face vestibular e mesial do 3º molar inferior. Adaptado de (135).

Os terceiros molares mandibulares têm maior propensão a ficarem impactados, parcial ou completamente, devido à falta de espaço para acomodação na mandíbula. Quando o terceiro molar está ausente congenitamente de um lado da mandíbula ou maxila, é mais provável que também esteja ausente do outro lado, embora não tenha sido estabelecida uma associação significativa entre a agenesia do terceiro molar no maxilar superior e na mandíbula. Em casos de erupção parcial dos terceiros molares mandibulares, podem ocorrer defeitos periodontais nas faces distais dos segundos molares e, em algumas situações, também pode ser observada reabsorção da superfície radicular distal (135).

## Caninos

Os caninos superiores e inferiores (Figura 20), posicionados nos cantos da boca como o terceiro dente a partir da linha mediana, são bastante semelhantes entre si e desempenham funções intimamente interligadas na cavidade oral. Destacam-se por serem os mais longos de toda a cavidade oral, possuindo coroas tão extensas quanto os incisivos centrais superiores. Além disso, as suas raízes são excepcionalmente longas em comparação com qualquer outro dente, conferindo-lhes uma maior robustez. Os caninos apresentam características anatómicas notáveis, com coroas e raízes distintamente convexas na maioria dos casos, assemelhando-se à dentição dos carnívoros. A sua posição estratégica na boca, juntamente com o suporte fornecido pelas raízes longas e robustas, torna esses dentes valiosos não apenas na arcada dentária natural, mas também na estabilização de substituições dentárias em procedimentos para prótese e implantes (110; 135).

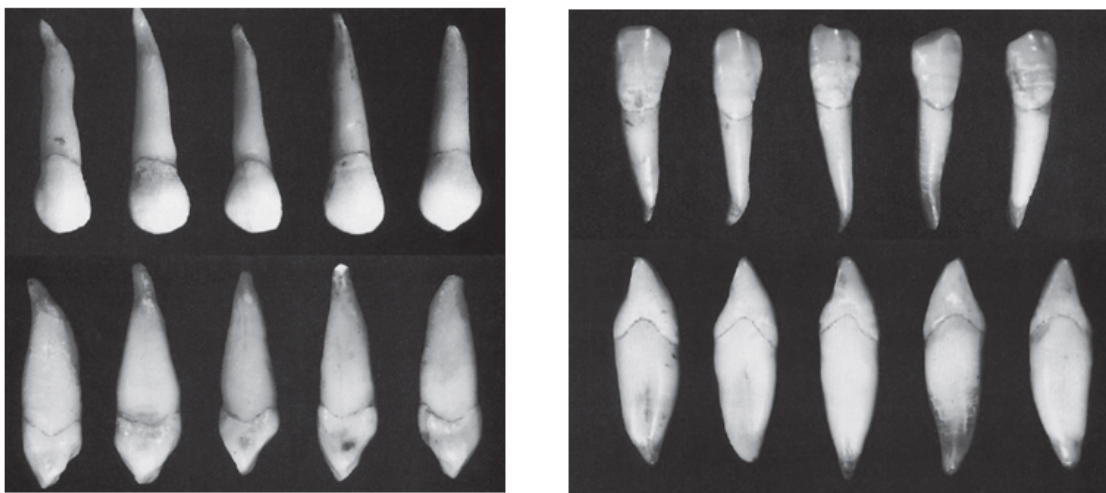


Figura 20: face vestibular e mesial do canino superior e Face vestibular e mesial do canino inferior. Adaptado de (135).



A perda de todos os caninos pode representar um desafio excepcional e, em muitos casos, torna impossível restaurar a aparência natural do rosto. Em termos de função, os caninos desempenham um papel fundamental ao oferecer suporte tanto aos incisivos como aos pré-molares, pois estão estrategicamente posicionados entre esses grupos dentários. As coroas dos caninos apresentam algumas características funcionais que se assemelham à forma dos incisivos e pré-molares, desempenhando um papel crucial na mastigação e na estabilidade da arcada dentária (135).

## Capítulo 3

# Tomografia Computorizada

A TC ou, como anteriormente designada, tomografia axial computadorizada (TAC) é um exame que permite visualizar o interior do corpo humano em três dimensões e de forma não invasiva. Foi desenvolvida pelo físico Allan MacLeod Cormack em parceria com Sir Godfrey Newbold Hounsfield, que levou à atribuição do nobel de medicina/fisiologia de 1979 aos dois cientistas por esta descoberta (136). A TC é nos dias de hoje uma prática comum em todos os hospitais e clínicas para a realização de exame médico numa grande variedade de casos clínicos (137). É parte integral no diagnóstico médico, em doenças agudas a doenças crónicas. Também tem sido uma ferramenta útil que permite a redução de intervenções cirúrgicas (138; 139).

O primeiro passo necessário para a instalação de um sistema de TC é a preparação da sala, que deve obedecer a requisitos muito específicos. Desde logo, o chão deve ter a capacidade de suportar um elevado peso e deve ser revestido por material antiderrapante e anti-estático. Devido à elevada quantidade de radiação utilizada neste tipo de exames, as paredes devem ser constituídas por material absorvente de radiação X, normalmente o sulfato de bário. Também a temperatura e a humidade do ar são fatores que devem ser mantidos dentro de um determinado intervalo de valores. No manual do equipamento *Siemens SOMATOM Esprit*, utilizado nesta dissertação, para além de outras informações, destaca-se o intervalo de temperatura ideal para o funcionamento do equipamento, isto é, entre 18-30°C, e a percentagem de humidade, que deve situar-se entre 20-85%. De forma a garantir estes valores, são utilizados sistemas de ar-condicionado que permitem arrefecer a máquina quando ocorre a geração dos raios-X (140). A sala que protege o radiologista deve encontrar-se separada da sala onde se encontra o paciente. Contudo, o radiologista não deve perder de vista o paciente, sendo utilizadas janelas em vidro que contém chumbo na sua composição, de modo a absorver a radiação que é emitida (138).

Um exame de TC envolve a aquisição de várias imagens radiográficas transversais de um determinado corpo ou objeto, sendo estas depois processadas, obtendo-se uma imagem reconstruída com base nestas imagens transversais. Utilizando mecanismos de processamento digital, são depois geradas ima-

gens tridimensionais do interior do corpo. A TC é amplamente utilizada no campo médico. No entanto, também é utilizada noutras áreas como a testagem de materiais, nas indústrias, ou em análises de solos e descobertas arqueológicas (136; 141).

### **3.1 Funcionamento geral do um sistema de TC**

Genericamente, um exame de TC recorre a radiação X que atravessa um determinado corpo para a formação de uma imagem em perfil. Existem duas tipologias de exames de TC, representadas na figura 21, a TC de feixe único e a TC *multislice*.

Numa TC de feixe único, um feixe de raios-X é direcionado para uma determinada área do tecido a analisar, atravessando-o, sendo depois detetado por uma matriz de detetores que medem a intensidade do feixe de raios-X após passagem pelo tecido. Este processo é repetido através da movimentação da fonte e do detetor para que sejam capturados dados adicionais da mesma secção do corpo. Após um processo de reconstrução, é criada uma imagem unidimensional que representa uma projeção de um corte no corpo, à qual se chama *slice* (142; 143).

Na TC *multislice*, ao invés de apenas um detetor, são utilizadas matrizes de detetores em simultâneo ao longo do eixo longitudinal do paciente, para capturar a projeção dos raios-X numa área mais ampla da secção. Os colimadores podem ser abertos de forma a permitir a captura de uma secção mais larga do paciente, fazendo com que a linha de detetores seja capaz de medir a secção do corpo que se encontra entre o tubo e os detetores. Estes sistemas permitem a deteção de dados de múltiplos *slices* ao mesmo tempo. Os fótons de raio-X são produzidos através da colisão de eletrões de alta energia com uma superfície metálica, convertendo a energia cinética dos eletrões em energia eletromagnética libertada em forma de raios-X. Os eletrões utilizados para a produção desta radiação encontram-se dentro do tubo de raios-X, num filamento de tungsténio que, ao ser aquecido, torna os eletrões altamente energizados (144).

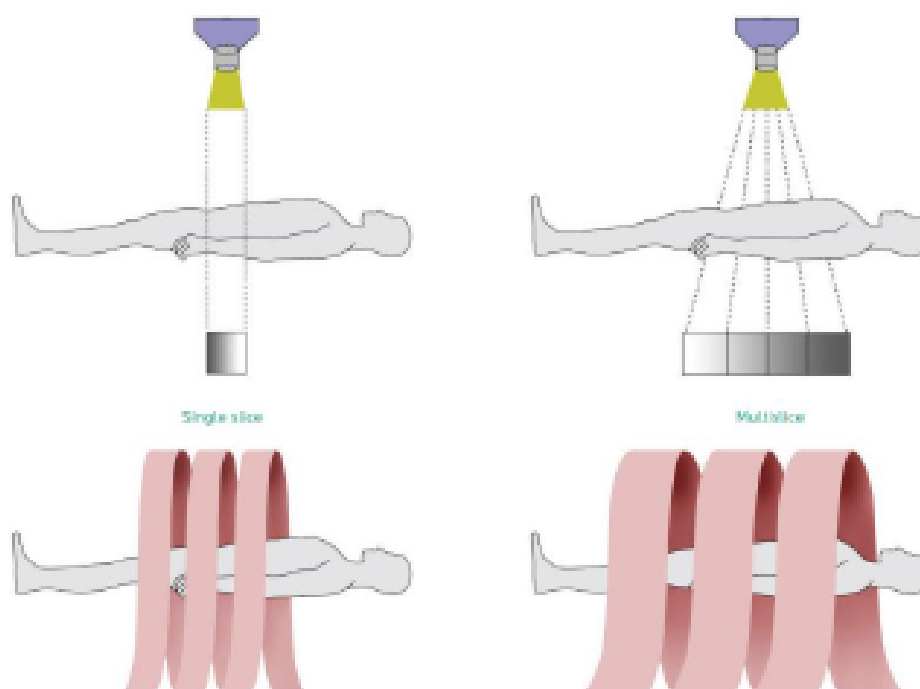


Figura 21: tipologias de exame TC: a) *single slice* onde um único feixe de raios-X é direcionado para o detector obtendo-se um único *slice*. b) *multislice* onde um feixe de raios-X é detetado por uma matriz de detectores colocados ao longo do eixo longitudinal do paciente (144).

Através do efeito termiônico, ao ser aplicada uma tensão elétrica no tubo, os elétrons são acelerados, atingindo o ânodo, alterando a disposição dos seus elétrons e libertando energia em forma de calor e fótons de raio-X (145).

Ao atingir o *array* de detectores, os dados são convertidos num formato digital através do Data Acquisition system e depois transmitidos para a unidade central de processamento. A reconstrução é feita recorrendo a um valor de densidade atribuído através das medições da atenuação para cada pixel, sendo este valor expresso em unidades de *Hounsfield*. Este é depois utilizado para recriar as imagens em diferentes tons de cinzento de acordo com a sua densidade (138). A Figura 22 mostra alguns valores em unidade de *Hounsfield* para diferentes partes do corpo.

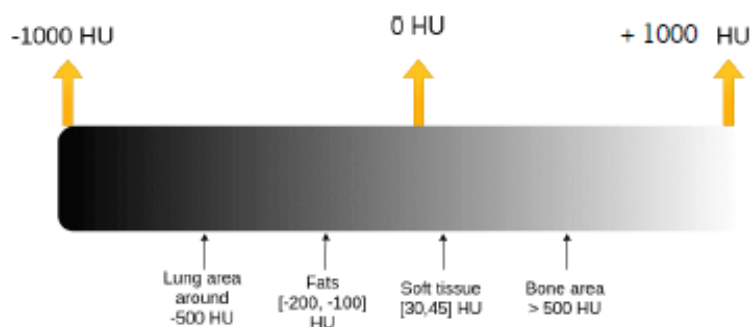


Figura 22: escala de valores em unidades de *Hounsfield* obtidos em diferentes tecidos do corpo. Nos pulmões, uma vez que estes se encontram cheios de ar, o valor obtido é menor, havendo uma menor atenuação, e desta forma, um tom de cinzento mais escuro. No osso, e por estes serem bastante mais densos, o contrário é observado (146).

### 3.2 Componentes de um sistema de TC

A TC é uma técnica para aquisição de imagens médicas bastante complexa e composta por diferentes unidades que se interligam para a criação de uma imagem. Existem componentes básicos que fazem parte de todos os sistemas de TC, cruciais para a compreensão do funcionamento do sistema. Num sistema de TC existem três elementos principais: aquisição da imagem, reconstrução da imagem e exibição da imagem (138). Na Figura 23, encontra-se uma representação de uma sala de TC e dos principais componentes necessários para a realização do exame.

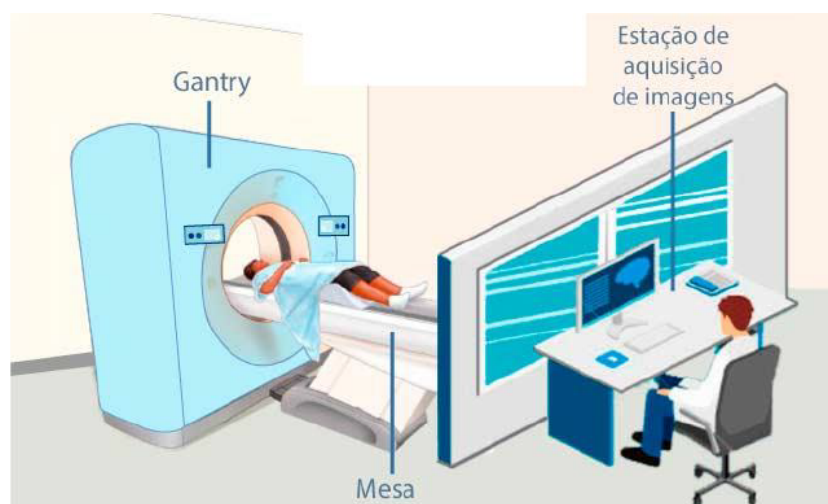


Figura 23: para a realização do exame, o paciente deve ser colocado na mesa e manter-se estável até à realização do mesmo. Por outro lado, o operador, deve encontrar-se numa sala separada nunca perdendo o paciente de vista. As duas salas devem ser isoladas por materiais absorventes de radiação (147).

### **3.3 Aquisição de uma imagem**

A *gantry* é o elemento principal de um sistema de TC, necessário para produzir e detetar raios-X. O tamanho e diâmetro da *gantry* podem variar ligeiramente. Sendo uma parte fundamental do sistema, é dada muita atenção ao seu design. Normalmente, e nos dispositivos mais recentes, a *gantry* tem um lado giratório onde estão contidos o tubo de raios-X, o detetor, o gerador de alta tensão, o tanque de arrefecimento do tubo, entre outros dispositivos de suporte, tal como se pode observar na Figura 24 a) (138; 143).

Para a obtenção de resultados precisos, a *gantry* deve girar a uma velocidade constante e livre de vibrações, mantendo a estabilidade constante em todas as direções, sendo necessário que os dispositivos que se encontram no seu interior sejam capazes de suportar as forças G provocadas pela força centrífuga que se verifica a altas velocidades de rotação (138).

A *gantry* possui a capacidade de inclinar-se ou declinar-se conforme a necessidade de diferentes pacientes e diferentes protocolos do exame de TC. Contém também um ou mais lasers embutidos que servem de referência para o posicionamento do paciente no scanner, assim como um microfone e colunas que permitem estabelecer a comunicação entre o paciente e o técnico durante o exame. Possui ainda um ou dois painéis que permitem ao técnico o ajuste da mesa, inclinação da *gantry*, e a ativação/desativação dos lasers de referência (138; 148). De forma a alimentar a *gantry* com tensões elevadas utilizavam-se fios de bobinas. No entanto, a sua utilização limita o tipo de scan a realizar, uma vez que limita a rotação da *gantry*. De forma a resolver esse problema, começaram a ser utilizados slip rings. Este dispositivo em forma de escova, representado na Figura 24 b), permite a alimentação da *gantry* continuamente sem impedir a sua rotação ao mesmo tempo que envia os dados recolhidos para o computador (143; 142) .

#### **Gerador e Tubo de Raios-X**

##### **Gerador**

O principal propósito de um gerador é alimentar o tubo de raio-X com uma tensão elevada. Para a produção de raios-X, são necessários valores de tensão entre os 20.000 e 150.000V, sendo necessário recorrer a geradores que utilizam a indução eletromagnética para obter estas tensões. Este processo funciona através da alteração do campo magnético produzido por uma barra magnética que cria uma tensão e corrente num fio condutor (150). As versões mais modernas destes equipamentos apresentam algumas funcionalidades que permitem o controlo da tensão que é produzida, otimizando a radiação

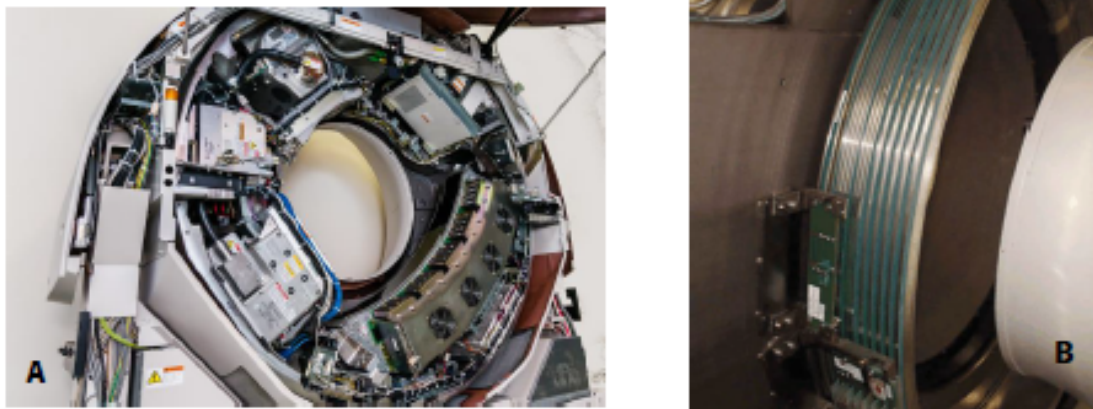


Figura 24: a) elementos internos da *gantry*. Estes elementos devem ser capazes de suportar velocidades de rotação elevadas. b) - Os *slip rings* permitem a alimentação da *gantry* e a transmissão de dados para a estação de aquisição de imagens sem a utilização de fios (149).

que é produzida assim como algumas características da imagem. Todo este processo é controlado pelo computador à medida que é realizado o *scan*. Estes transformadores têm a capacidade de modular a corrente e tensão de acordo com a espessura do material que é analisado, sendo possível variar a corrente produzida em todos os planos do corpo em análise de acordo com a sua espessura. Estas alterações também são efetuadas de acordo com o tipo de estudo a efetuar (142).

### **Tubo de raios-X**

O tubo de raios-X de um sistema de TC, representado na Figura 25, deve ser projetado para suportar níveis de tensão muito elevados aquando da produção de raios-X, sendo crucial suportar o calor gerado durante todo o processo (151). Devido às diferentes variações de tensão a que o tubo é submetido, devido aos diferentes protocolos e diferentes pacientes, o que envolve diferentes tempos de exposição, é importante que o tubo consiga dissipar de forma eficiente o calor para que funcione de forma eficaz (138). Os principais componentes de um tubo de raios-x são o ânodo, o cátodo, o envelope, normalmente constituído por vidro ou metal (150). As partes mais importantes do tubo encontram-se dentro deste envelope constituído por vidro Pyrex ou metal a uma pressão controlada (152).

No cátodo encontra-se a fonte de eletrões para a produção de raios-X. O cátodo é um elemento constituído, na maioria dos casos, por um filamento helicoidal de tungsténio. O tungsténio apresenta uma

temperatura de fusão de cerca de 3300 °C, o que permite sustentar as elevadas temperaturas que são atingidas durante este processo (150; 152). O design do cátodo é bastante importante, uma vez que, quanto mais este se assemelhar a uma fonte pontual, mais nítidas serão as imagens (152). A intensidade dos raios-X produzidos é proporcional ao número atômico do alvo (ânodo) e ao número de elétrons que são bombeados. A energia dos fótons de raio-X depende da diferença de potencial entre o ânodo e o cátodo. Contudo, a produção de raios-X através do método descrito é altamente ineficiente, uma vez que, menos de 1% da energia utilizada é convertida em fótons de raio-X, sendo 99% dissipada em forma de calor (143).

O ânodo é outro elemento importante na produção de raios-X. Este eletrodo metálico é mantido a um potencial mais positivo que o cátodo. É utilizado como alvo para os elétrons que saem acelerados do cátodo, de modo a produzirem energia que pode ser libertada em forma de raios-X. Como já foi mencionado, este processo é bastante ineficiente, uma vez que, apenas cerca de 1% da energia produzida é convertida em raios-X (150). É constituído por um material de elevado número atômico, normalmente o tungsténio (número atômico 74), incluindo elementos como o cobre, o alumínio e o magnésio (152). A janela pela qual a radiação sai da cápsula normalmente é constituída por berílio. É necessária a produção constante de raios-X que garantam um fluxo contínuo capaz de compensar a ineficiência do processo. Contudo, isto gera uma quantidade de calor que pode danificar o ânodo. Para contrariar esta tendência, os sistemas das gerações mais recentes apresentam um ânodo rotativo que gira a uma frequência de cerca de 8.000 a 10.000 rpm e que ajuda na distribuição do calor por toda a área evitando a sua destruição (143; 153).

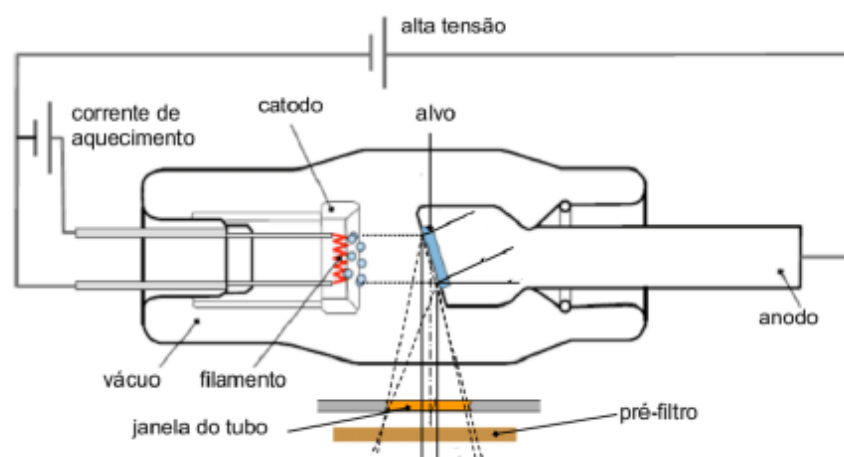


Figura 25: tubo de raios-X: através do filamento de tungstênio presente no cátodo, os elétrons são acelerados e embatem no cátodo produzindo raios-X que são libertados através da janela do tubo (154).



## Filtragem

A filtragem no tubo de raios-X acontece quando os raios-X atravessam uma camada de determinado material. Este processo pode acontecer através de duas formas: através de propriedades inerentes do tubo ou através de filtros adicionados, de forma propositada. A filtragem inerente ocorre quando o feixe atravessa a camada que reveste o tubo e que pode ser constituída por vidro ou metal, como por exemplo, alumínio ou dióxido de silício. Esta camada permite a absorção de energias abaixo de 15 keV. A filtragem adicional envolve a colocação de folhas de metal no feixe de raios-X de forma a alterar a sua energia (138; 142).

Adicionalmente são utilizados filtros de compensação para criar uma exposição aos raios-X mais uniforme no detetor, sendo colocados perto do local de onde são emitidos. Esta filtração permite reduzir as faixas de energia às quais o paciente é exposto, removendo os raios-X com um elevado comprimento de onda, absorvidos com maior facilidade pelo paciente, sendo, contudo, irrelevantes para obtenção de uma imagem melhor. Estes filtros são normalmente planos e aplicados a toda a área de visualização. São também utilizados filtros denominados “*bowtie*”, que apresentam diferentes tamanhos e permitem reduzir a intensidade dos feixes na periferia do corpo, ajustando-se ao corpo que se pretende analisar. Estes filtros são selecionados automaticamente pelo equipamento atendendo ao protocolo escolhido e às características do paciente (142; 152). Na Figura 26 pode ser vista a representação de um destes filtros.

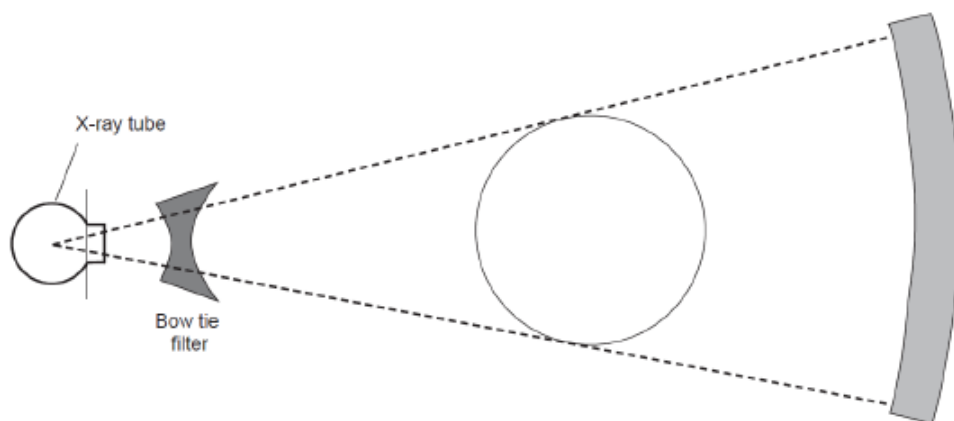


Figura 26: os filtros *bowtie* permitem “moldar” o feixe de raios-X ajustando-se ao formato do corpo (149).

## **Colimadores**

Os colimadores são dispositivos que ajustam o tamanho e a forma do feixe de raios-X que é emitido pelo tubo. São geralmente montados no revestimento do tubo e permitem a redução do feixe a uma área específica reduzindo a quantidade de feixes dispersos (150). Os raios que se dispersam diminuem a qualidade da imagem obtida e aumentam a dose de radiação ao qual o paciente é sujeito. O colimador da fonte é colocado perto da fonte de raios-X e limita a quantidade de raios-X que saem da fonte alterando a distribuição da dose ao longo de cada *slice*. Alguns sistemas apresentam colimadores que se podem chamar pré-detetores e que se localizam abaixo do paciente e acima do *array* de detetores. Estes colimadores permitem que o feixe tenha a largura adequada ao entrar no detetor impedindo a sua dissipação (138).

## **Detetores**

Após a passagem dos raios-X pelo paciente, parte desta radiação é absorvida. A informação obtida sobre o quanto cada estrutura anatómica absorve ou reflete os raios-X permite a criação da imagem, sendo esta informação reunida nos detetores. Estes podem ser um único elemento ou a um conjunto de detetores, geralmente designados *array* de detetores. Os detetores apresentam-se normalmente num arco ou anel servindo, cada um deles, para determinar a intensidade do feixe de raios-X transmitidos através da fonte para esse elemento em particular. As características ideais de um detetor incluem: a elevada eficiência que é definida pela capacidade de capturar os fótons e convertê-los em sinais digitais; baixo brilho residual ou brilho residual inexistente, sendo este definido por um breve piscar de cintilação que deve ser subtraído para efetuar a reconstrução; alta estabilidade e alta supressão da dispersão, permitindo que o sistema seja utilizado sem a necessidade de efetuar calibrações frequentes (138; 142).

## **Detetores Xénon**

Os detetores de xénon utilizam gás xénon a alta pressão, contido entre duas placas de metal em células finas. São detetores de ionização. Um volume de gás é cercado por dois elétrodos metálicos, com uma tensão aplicada entre os dois elétrodos. Quando os raios-X são emitidos, interagem com os átomos de xénon, causando ionização. O sinal elétrico é amplificado, e, seguidamente, digitalizado, correspondendo o seu valor à intensidade dos raios-X que atingiram o detetor. Contudo, esta tecnologia foi superada pelos detetores que utilizam cintiladores, sendo apenas utilizados em equipamentos de baixo custo (138; 142).

## **Detetores de cristais de estado sólido**

Os detetores de cristais de estado sólido, ou detetores de cintilação, utilizam um cristal que floresce quando é atingido por um fóton de raios-X. Através de um foto diodo conectado ao cristal, a energia luminosa é convertida num sinal elétrico, que, posteriormente é convertida num sinal digital e utilizada para efetuar a reconstrução da imagem.

Estes detetores utilizam cristais feitos de cerâmica de cintilação rápida como o telúrio de cádmio e o oxissulfeto de gadolínio. Contudo, a pesquisa de novos elementos que aumentem o desempenho destes dispositivos é contínua, e a sua constituição pode variar de fabricante para fabricante. Como estes materiais apresentam números atômicos e densidades elevados em comparação com os gases, estes detetores apresentam coeficientes de absorção mais altos, absorvendo quase 100% dos fótons (138; 142).

## **3.4 Reconstrução da imagem**

Após a deteção do feixe de raios-X por parte dos detetores, o próximo passo para a obtenção de uma imagem passa pela reconstrução dos feixes através da medição da atenuação dos raios-X nos tecidos.

### **Atenuação nos tecidos**

A absorção de um feixe de raios-X depende de duas propriedades de um tecido: o seu número atômico e a sua densidade. Os materiais com alta densidade, assim como os materiais constituídos por elementos com um elevado número atômico absorvem mais os raios-X do que os materiais de baixa densidade e menor número atômico. Isto faz com que, numa imagem de TC, dois tipos de materiais apareçam com uma tonalidade semelhante apesar da poderem ser constituídos por materiais diferentes (138; 142).

O processo de criação de uma imagem envolve o uso de um computador para combinação da informação de absorção de raios-X retirada através de múltiplos ângulos da mesma estrutura de forma a obter a imagem da mesma. É atribuído um valor em unidades de *Hounsfield*, a cada voxel da imagem, que representa a média de todas as atenuações da radiação obtidas para esse voxel. A escala de *Hounsfield* baseia-se na relação de todos os valores de atenuação medidos com a atenuação sofrida na água. Na escala de HU, ao ar é atribuído um valor de -1000 HU, à água é atribuído um valor de 0 HU e a um material extremamente denso é atribuído um valor de +1000HU. A utilidade desta escala é poder distinguir diferenças de densidade de 0,1%, atribuindo-lhes valores e conseqüentemente tons diferentes (138; 142).

## Reconstrução multiplanar (MPR)

As imagens de TC são imagens transversais do corpo do paciente criadas através da medição da atenuação da radiação X. A imagem resultante é um mapa das atenuações dos raios-X dos diferentes tecidos encontrados no percurso dos raios-X até aos detetores. As imagens produzidas são, habitualmente, cortes axiais ou transversais do corpo humano. Contudo, estas imagens podem ser tratadas computacionalmente de forma a mostrar visões sagitais ou coronais, que fornecem uma visão semelhante à radiografia digital, mostrando cortes nesses planos, ao invés de estruturas sobrepostas (142). As imagens obtidas num exame de TC em todos os eixos podem ser observadas na Figura 27. Para realizar a reconstrução das imagens em todos os planos, os dados em bruto passam por várias etapas de processamento e rearranjo nos diferentes planos espaciais. O método mais comum é a reconstrução multiplanar (MPR). Esta permite que as imagens tomográficas sejam reformatadas em diferentes planos, como sagital e coronal. Além disso, podem ser utilizadas técnicas como a interpolação tridimensional para melhorar a qualidade das imagens, preenchendo espaços vazios e suavizando as transições entre os diferentes *slices*. A qualidade das imagens reconstruídas depende de vários fatores, como a dose de radiação utilizada, os tipos de filtros aplicados, a resolução do detetor, e por sua vez a qualidade do sistema, assim como o correto posicionamento do paciente durante o exame (138).

A MPR é uma técnica que permite superar as limitações das radiografias convencionais, que adquirem apenas imagens axiais. A reconstrução tridimensional é essencial para representar estruturas complexas e entender melhor as alterações patológicas. Adicionalmente, amplia as opções de visualização sendo útil em análises mais detalhadas e é também utilizada em cirurgias guiadas por imagem. É importante considerar a espessura das imagens originais durante a reconstrução tridimensional, garantindo uma resolução espacial isotrópica, ou seja, resoluções semelhantes nas direções x, y e z, de modo a evitar a perda de informação e o aparecimento de artefactos nas imagens reconstruídas. É de salientar que os sistemas mais desenvolvidos têm a capacidade de garantir uma melhor resolução espacial, ao mesmo tempo que conseguem garantir uma menor espessura entre imagens e consequentemente melhor qualidade das imagens (142).

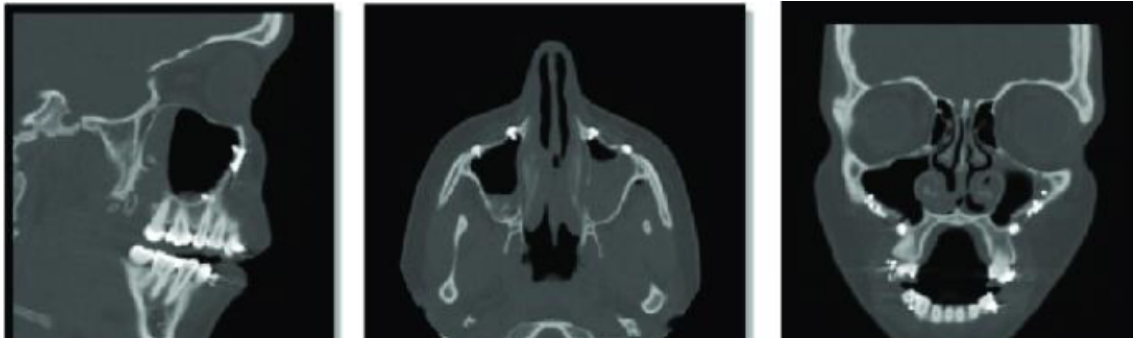


Figura 27: da esquerda para a direita, vista sagital, axial e coronal de um exame de DentalTC obtidas através de reconstrução a partir dos dados obtidos pelos detetores (155).

### **Projeção de intensidade máxima (MIP)**

A projeção de intensidade máxima MIP (Figura 28) é outra técnica de reconstrução que permite detetar estruturas com alta intensidade e descartar a restante informação da imagem. A utilização da MIP facilita a visualização de estruturas vasculares e cavidades preenchidas com ar. Através deste método, apenas é representado o pixel com a maior densidade ao longo do eixo longitudinal. A MIP é útil no diagnóstico, pois permite a distinção entre estruturas hiperdensas em relação aos tecidos circundantes, sendo amplamente utilizada em aplicações de angiografia por TC para visualizar vasos preenchidos com contraste, permitindo a visualização fácil de todo o vaso numa única imagem. Isso ocorre porque os voxels que representam os vasos com contraste tendem a ter os valores mais altos de intensidade. Da mesma forma, a projeção de intensidade mínima pode ser usada para visualizar cavidades preenchidas com ar. No entanto, é importante considerar que as projeções MIP possuem artefactos e imperfeições e perdem informação de profundidade. Todos estes fatores devem ser levados em consideração ao interpretar as imagens obtidas por esta técnica (156).

### **Técnica de renderização de volume (VRT)**

A técnica de renderização de volume (Figura 28) consiste na criação de um modelo tridimensional a partir de uma imagem bidimensional utilizando todos os dados disponíveis e garantindo que não haja perda de informação. É realizado um histograma com os valores de intensidade dos voxels e parâmetros como cor, brilho e opacidade são atribuídos a cada voxel de acordo com os valores da escala de *Hounsfield* sendo depois, através da utilização de fatores de peso, somados os valores de todos os voxels. Por vezes, ao invés da escala de cinzentos, são utilizadas cores, de forma arbitrária, para representar os diversos tipos de estruturas e tecidos (157).

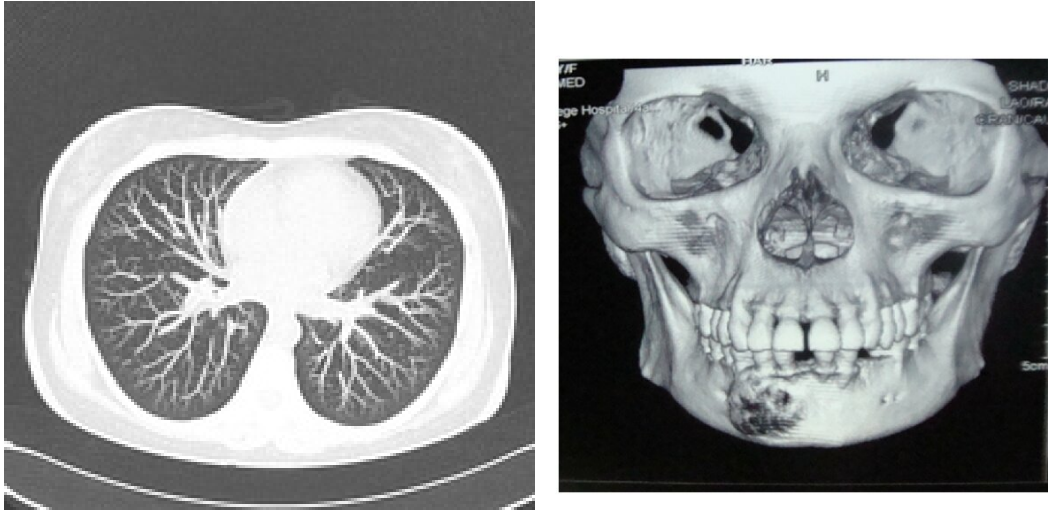


Figura 28: a imagem da esquerda representa uma imagem obtida através da técnica de MIP e a imagem da direita representa uma imagem obtida através da técnica de VRT (156).

## Capítulo 4

### Metodologia e análise de resultados

O estudo e planeamento de todo o processo para a colocação de implantes dentários é feito preferencialmente através de exames de radiografia a 3 dimensões. Os exames mais adequados são a TC e o ConeBeam. Nesta dissertação as imagens TC foram obtidas através do sistema TC *SOMATOM Esprit*. A necessidade de utilização de radiação neste exame exige um maior cuidado quando este é efetuado, uma vez que, qualquer movimento do paciente pode afetar a qualidade das imagens, tornando-se necessária a realização de outro exame, expondo o paciente a mais radiação.

Para a realização desta dissertação, e conseqüente análise de casos reais de edentulismo para efetuar o correto planeamento de implantes, recorreu-se à aprendizagem do sistema TC *SOMATOM Esprit* da *Siemens* pertencente ao departamento de Eletrónica Industrial da Universidade do Minho e ao *software syngo Dental CT*. Para a realização do exame, o primeiro passo passa pelo registo dos dados do paciente no software do sistema, assim como a posição relativa do paciente na mesa do sistema. Para exames dentais, o paciente é colocado com a cabeça do lado da *gantry* e com o peito para cima. Assim, no sistema deve ser escolhida a opção "*Head First – Supine*". De seguida, escolhe-se o protocolo que se pretende utilizar no exame. Nesta dissertação utilizou-se o protocolo *Dental* que escolhe a quantidade de radiação adequada para a realização de um exame na zona da cavidade oral (Figura 29).

(a)

Scan	kV	mAs	CTDIw	DLP	TI	cSL
1	130				3.4	3.0
2	130	80	13.50	155	1.5	1.5

(b)

Figura 29: a) Procedimento para registo do paciente. Os campos a negrito são de preenchimento obrigatório. Também é necessário escolher qual o protocolo do exame e indicar a posição em que o paciente vai entrar no tubo. b) Tela informativa com os valores associados ao protocolo escolhido.

Escolhido o protocolo, o passo seguinte passa pela realização de um topograma (Figura 30), que expõe o paciente a uma menor dose de radiação e permite seleccionar a zona que se pretende analisar. Realizado este topograma, selecciona-se a zona a examinar, de forma a garantir uma correta análise de todas as estruturas e, ao mesmo tempo, tentar diminuir a dose de radiação a que o paciente é exposto. Dá-se início ao exame que deverá concluir-se em cerca de 3 a 4 minutos. A reconstrução de todas as imagens obtidas pode demorar mais alguns minutos. Após a realização do exame o paciente pode ser retirado da mesa do sistema. Este procedimento foi aprendido através de um estágio de curta duração realizado na clínica UniLabs de Braga, onde foi possível visualizar a realização de vários exames e acompanhar a análise e tratamento das imagens obtidas pelos técnicos.

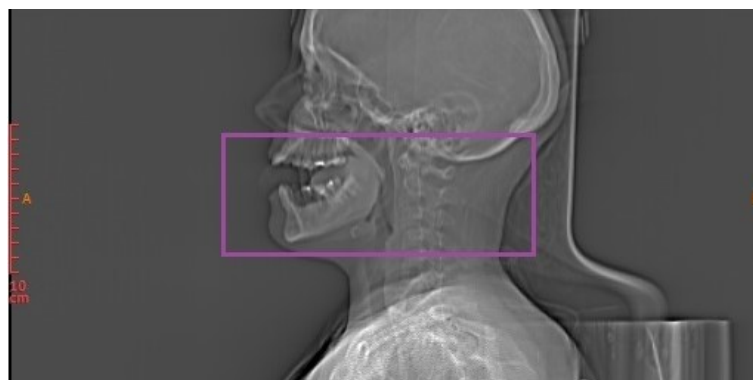


Figura 30: exemplo de uma imagem obtida aquando da aquisição do topograma. A zona seleccionada pelo quadrado roxo representa a zona onde o exame irá ser realizado e onde incidirá a radiação (1).



## 4.1 Análise dos Pacientes

### 4.1.1 Paciente 1

#### Apresentação do Paciente

Trata-se de um paciente saudável do sexo feminino e raça caucasiana, com 56 anos de idade. Através da avaliação oral conclui-se que apresenta as zonas relativas ao 1º e 2º pré-molar assim como as zonas do 1º molar do maxilar inferior, ambas localizadas no 3º quadrante, edêntulas e com uma visível redução da quantidade óssea como pode ser visto na Figura 31.

O paciente não apresenta qualquer patologia associada. É possível concluir uma notável ausência de tábua óssea devido à ausência de dentes há várias décadas.

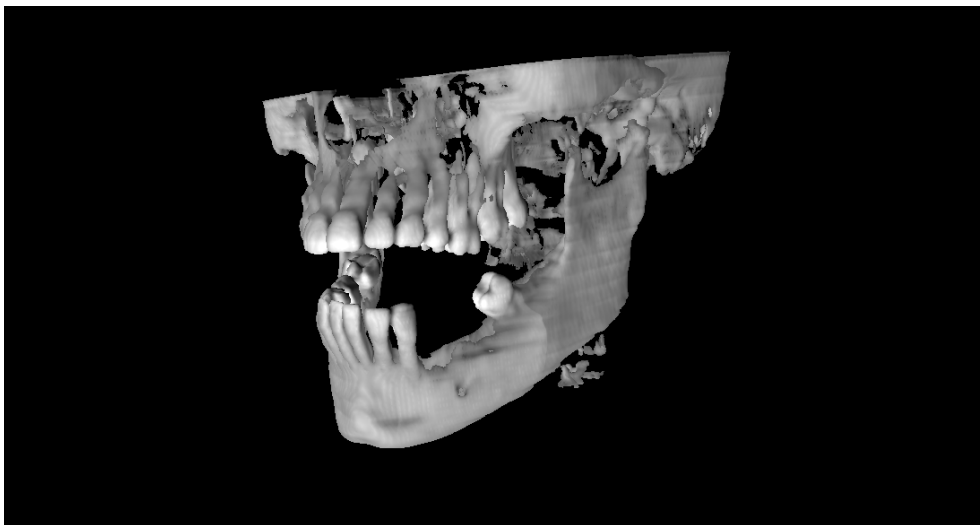


Figura 31: paciente 1 - reconstrução 3D das imagens TC obtidas no sistema TC Somaton Esprit da Siemens.

#### Análise dentária

Tal como indicado no início do capítulo, para que seja analisada a possibilidade de efetuar um tratamento através da colocação de implantes, recorreu-se a um exame de TC de forma a analisar a quantidade óssea nas zonas edêntulas correspondentes ao 3º quadrante. As imagens axiais obtidas foram,

depois, inseridas no *software TC Dental da Siemens*. A avaliação efetuada, tem por base a colocação de uma linha de referência na zona do maxilar paralela ao osso, como se pode ver na Figura 32.

A utilização da TC permite o conhecimento das dimensões ósseas para que o implante possa ser dimensionado da forma mais correta e para que o seu funcionamento não seja comprometido ao longo do tempo. Como se trata do maxilar inferior, o espaço existente para a colocação do implante é afetado pelo nervo alveolar que atravessa o canal mandibular. Em caso algum, o implante deve atingir esta estrutura, com o perigo de inflamar o nervo alveolar, causando dor.

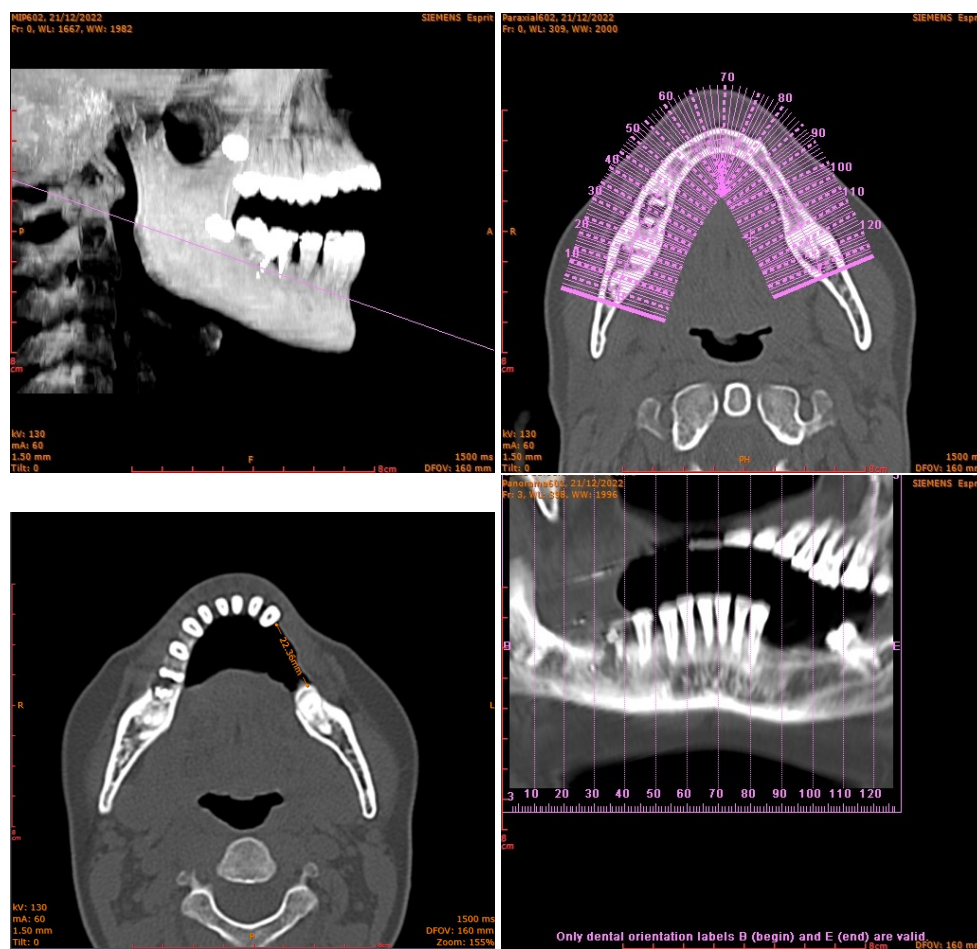


Figura 32: imagens obtidas através do exame de TC. As imagens superiores apresentam as linhas de referências selecionadas para a obtenção das restantes imagens. As imagens inferiores apresentam um corte axial para a avaliação dentária do paciente e a imagem panorâmica do paciente em estudo.

De forma a planear corretamente o implante e avaliar todas as dimensões, é necessário recorrer a vários tipos de imagens obtidos através da TC. Deve considerar-se o dente como um retângulo com largura altura e comprimento. A medida da largura deve ser realizada na zona interior à tábua óssea. Para que o implante possa ser feito em segurança, deve haver pelo menos uma espessura de 4,2 mm entre a tábua óssea de ambos os lados, de forma a garantir a sustentação do implante.

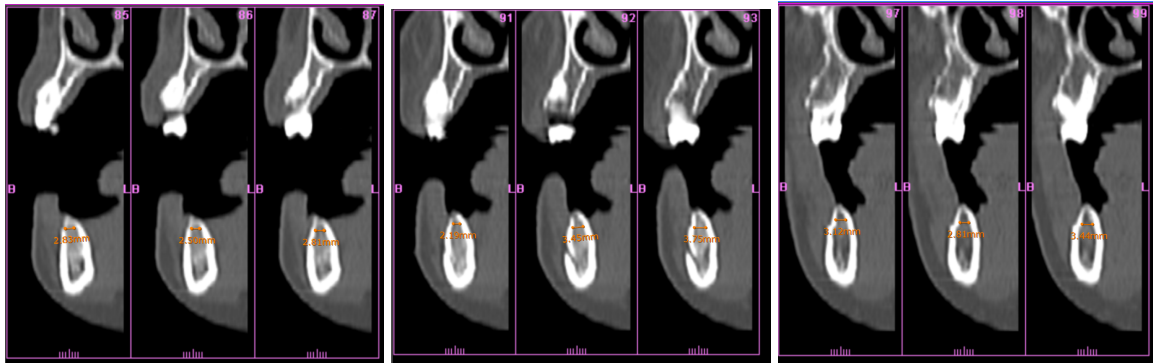


Figura 33: imagem paraxial do maxilar inferior do paciente 1. Esta imagem permite efetuar as medições da espessura óssea nas zonas edêntulas para avaliar a condição óssea em que se encontra.

Através da Figura 33, podem ver-se as imagens paraxiais utilizadas para efetuar as medições da espessura das zonas edêntulas, que se encontram resumidas na Tabela 1.

Verifica-se que o valor da espessura aumenta à medida que avançamos para uma zona mais anterior da boca, isto porque, mesmo numa pessoa saudável, a espessura do osso é maior nos locais correspondentes aos molares dada a dimensão destes dentes.

Com recurso à imagem panorâmica representada na Figura 32, é possível verificar onde se localizam as zonas edêntulas do paciente 1 e, assim, perceber a que imagens paraxiais se deve recorrer para efetuar as medições da altura do osso alveolar. Verifica-se que existe apenas uma zona edêntula e por isso, as medições podem ser feitas em imagens paraxiais consecutivas entre a imagem 85 e imagem 105 referentes às imagens da TC. Os valores foram registados na Tabela 1.

Através da Figura 34, verifica-se também que o valor da altura óssea aumenta à medida que avançamos para uma zona mais anterior da boca, apesar de não existir uma diferença muito acentuada. O estado do osso alveolar ao longo das zonas correspondentes aos 3 dentes em falta, é muito semelhante, não existindo grandes diferenças entre o estado de reabsorção óssea.

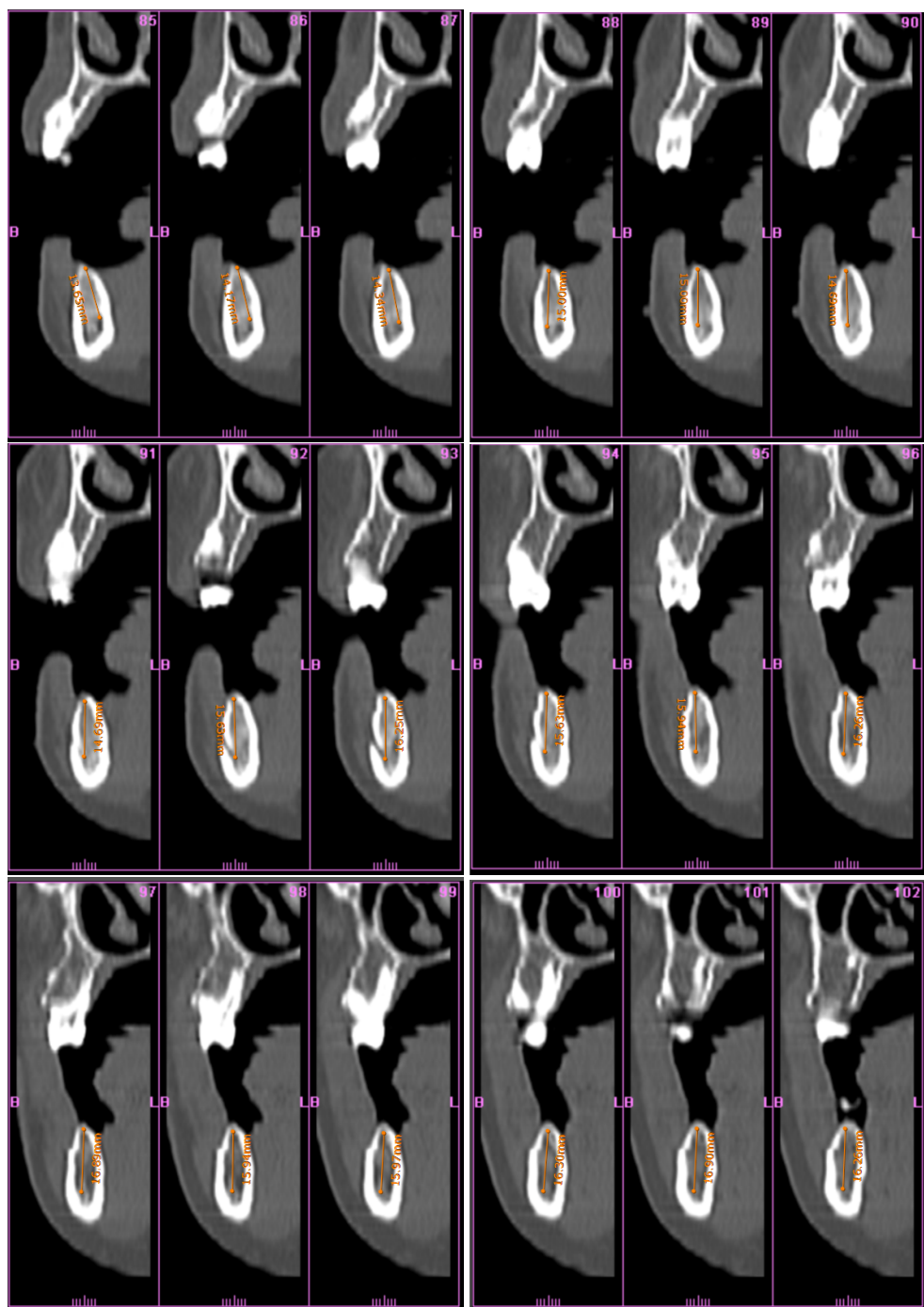


Figura 34: imagens paraxiais obtidas através do exame de TC do paciente 1. Estas imagens permitem medir a altura óssea do paciente de forma a avaliar a sua quantidade óssea para a colocação de implantes.

Tabela 1: Dimensões das zonas edêntulas do paciente 1

	1° Pré-Molar	1° Molar	2° Molar
Largura	22,36±00mm		
Espessura	2,71 ± 0,15mm	3,13 ± 0,67mm	3,12±0,25mm
Altura	14,47 ± 0,48mm	15,73 ± 0,54mm	16,37 ± 0,39mm

## Diagnóstico

O paciente 1 apresenta uma região edêntula no maxilar inferior, que inclui o 1° pré-molar e o 2° pré-molar e 1° molar da mandíbula esquerda.

O tratamento preferencial para este paciente passa pela colocação de implantes de forma a substituir de forma permanente os dentes em falta. Para que a colocação destes implantes tenha uma maior percentagem de sucesso, é necessário avaliar a quantidade e qualidade óssea do paciente. Se existir uma elevada perda óssea, a probabilidade de sucesso do implante baixa, uma vez que este não apresentará qualquer tipo de sustentação.

Caso o paciente não apresente as dimensões mínimas necessárias para a colocação de implantes, poderá ser necessário recorrer a técnicas de regeneração óssea mencionadas no capítulo 2. Neste caso, o paciente apresenta osso alveolar suficiente para garantir uma taxa de sucesso elevada na colocação do implante. Através das imagens de TC obtidas, foi possível aferir as medidas de osso alveolar do paciente. Para que se possa efetuar uma análise completa, é necessário proceder à medição da altura, largura e espessura do osso alveolar.

A espessura do osso alveolar é obtida através das imagens axiais. Estas imagens podem ser analisadas na Figura 33. Através desta figura, verifica-se uma diminuição na espessura do osso da região edêntula quando comparada com as regiões que ainda apresentam dentes. Isto porque, a perda dos dentes nessas áreas leva a uma atrofia óssea devido à perda de estimulação do osso naquele local. Analisando as medições efetuadas verifica-se que na zona de menor espessura o osso apresenta 2,09 mm de espessura (correspondente ao primeiro molar) e na zona mais larga, o osso apresenta uma espessura de cerca de 3 mm ( correspondente ao 2° molar). Este valor encontra-se muito abaixo do valor considerado adequado para a colocação de implantes: 4,5mm de espessura entre as tábuas ósseas.

Através das imagens paraxiais, é possível obter uma visão geral de cada dente. Desta forma, é possível determinar as restantes medições de osso alveolar. Estes tipos de imagens permitem determinar a

espessura com maior grau de precisão. Analisando a Figura 34, verifica-se que estas imagens confirmam as medições obtidas através das imagens axiais. Na zona superior do osso alveolar na zona edêntula, verificam-se valores de espessura entre 2 mm e 3 mm. Nas zonas mais profundas este valor aumenta. Isto acontece porque o paciente ainda apresenta uma altura óssea considerável, como pode ser verificado na Figura 34. Desta forma, a redução da espessura óssea vai ser maior na zona mais superior com tendência para que aconteça o mesmo na zona mais inferior. Quanto à altura óssea, verifica-se que o paciente 1 apresenta valores de cerca de 14,5 mm na zona do primeiro molar e de 15,5 mm na zona do segundo molar.

Através destas medições, verifica-se que existe alguma reabsorção óssea quando se compara a altura do osso nas zonas edêntulas com o osso nas zonas onde ainda existem dentes. Contudo, a reabsorção existente não exige nenhum tipo de procedimento para aumentar a altura óssea. Isto porque a altura óssea é superior a 10 mm, valor mínimo para que se possa colocar do implante com grau de risco pouco elevado.

Contrariamente, quando se analisa a espessura óssea entre as tábuas ósseas do osso alveolar, a conclusão é oposta. Verifica-se que o paciente apresenta uma espessura de cerca de 3 mm nas zonas superiores do osso alveolar. Este valor é bastante inferior ao valor exigido para que o implante possa ser colocado, isto é, 4,5 mm.

Sem a aplicação de um procedimento para regeneração óssea, o paciente 1 não apresenta condições para a aplicação de implantes em ambas as zonas correspondentes ao 1º e 2º pré-molares e ao 1º molar. A utilização da regeneração óssea guiada apresenta-se como uma opção viável para o aumento ósseo neste paciente. O facto de a altura óssea do paciente ainda estar num valor razoável dá alguma margem de sucesso a este procedimento uma vez que o osso ainda apresenta uma estrutura que sustente o processo. Contudo, e como em qualquer tipo de procedimento de regeneração óssea, não existe uma certeza de que o procedimento será totalmente bem sucedido e o paciente apresente espessura suficiente para a colocação do implante após a regeneração. Mas, dadas todas as condições e história clínica do paciente, que não apresenta qualquer tipo de doenças, pode concluir-se que a regeneração óssea, através da técnica de regeneração guiada, apresenta uma elevada probabilidade de sucesso na correta regeneração do osso, e que apresentará condições para que seja possível a colocação de um implante nas zonas edêntulas.

### 4.1.2 Paciente 2

O paciente 2, do sexo feminino, raça caucasiana e com 52 anos de idade, apresenta doença periodontal crônica. Apresenta patologias associadas, como é o caso da diabetes. O maxilar inferior do paciente 2 está quase totalmente edêntulo, apresentando apenas o 2º molar, localizado no 3º quadrante. Apresenta absorção óssea já com uma visível redução da quantidade óssea, como pode ser visto na Figura 35. O paciente apresenta doença periodontal crônica que levou a uma grande reabsorção óssea no maxilar inferior. Esta reabsorção limita drasticamente a colocação de implantes sem a realização de qualquer tipo de tratamento para regenerar o osso.

Dada a enorme ausência de osso maxilar, nenhum tratamento de regeneração óssea é totalmente confiável uma vez que, a redução óssea diminui bastante a possibilidade desta regeneração ser bem sucedida.



Figura 35: paciente 2 - reconstrução 3D das imagens TC obtidas no sistema *TC Somaton Esprit da Siemens*.

### **Análise dentária**

Tal como mencionado anteriormente, o paciente 2 apresenta ausência de peças dentais em toda a zona do maxilar inferior, à exceção do 3º molar. Pretende-se analisar a possibilidade de colocar um implante que substitua todos os dentes no maxilar inferior.

Mais uma vez, o primeiro passo passa por obter imagens de TC para que se possa analisar a qualidade e quantidade óssea através dos diferentes tipos de imagens são obtidas através desta técnica de imagiologia. Depois de obtidas as imagens, efetuou-se uma avaliação dentária para o maxilar inferior através do *software* TC Dental. Através das imagens da Figura 36 já é possível concluir a perda considerável no osso alveolar.

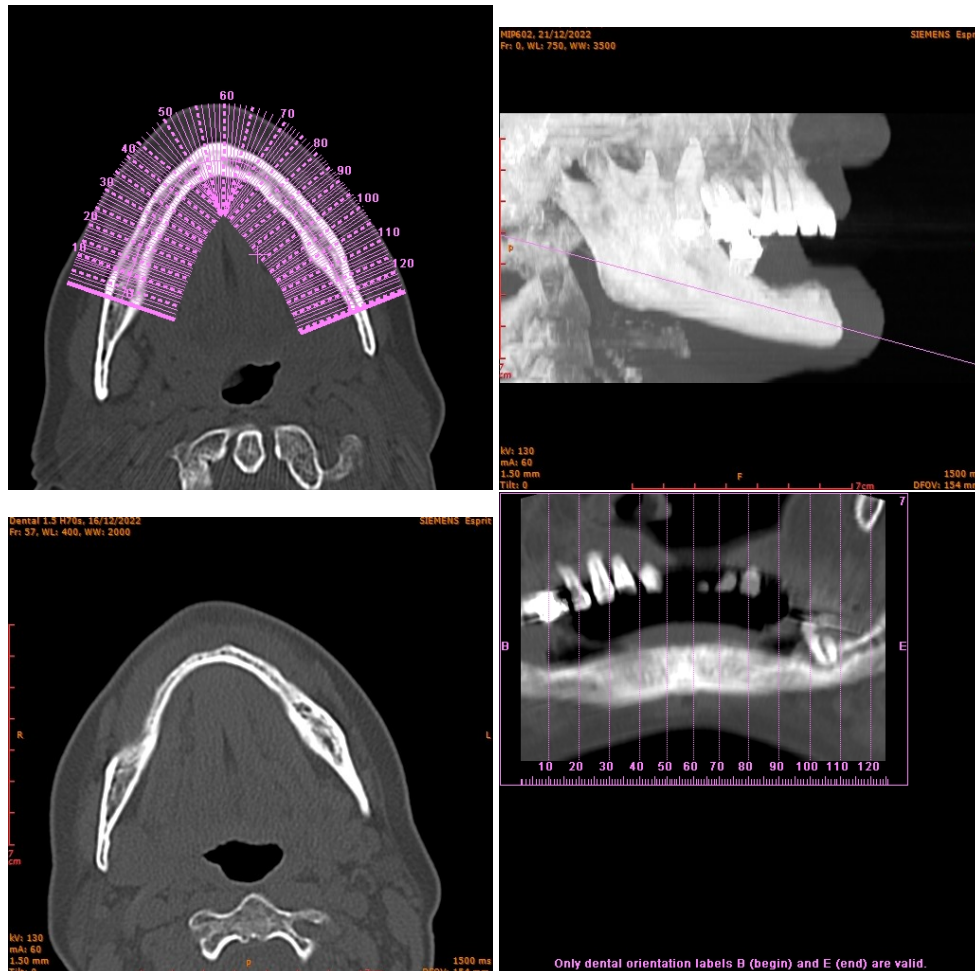


Figura 36: nas duas imagens superiores são colocadas as linhas de referência para efetuar as medições. Nas imagens inferiores, é possível verificar a baixa quantidade óssea e dentária do paciente 2 através da pouca quantidade de osso que este apresenta.

Através da Figura 37 retiraram-se os valores de espessura de todos os quadrantes do maxilar inferior do paciente 2. Neste caso particular, o paciente não pretende colocar apenas um implante para um dente, pelo que as medições do osso alveolar não serão feitas nas zonas correspondentes a cada um dos dentes. Uma vez que se pretende colocar um implante total do maxilar inferior, as medições serão efetuadas a partir de 6 zonas distintas do maxilar, onde serão colocados os implantes.



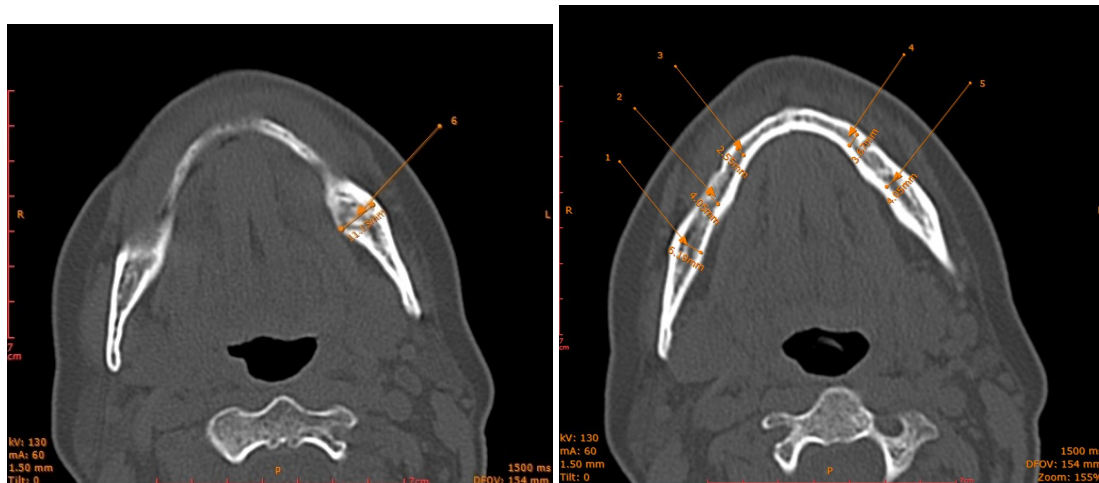


Figura 37: imagens axiais que permitem efetuar as medições da espessura óssea do paciente 2. Foi necessária a utilização de duas imagens diferentes devido à inclinação da cabeça do paciente e do desnível causado pela perda óssea em quase todas as zonas do maxilar inferior.

A perda óssea do paciente 2 é bastante grave em certas zonas, o que dificultou a obtenção de uma imagem que apresentasse todos os quadrantes. Desta forma, uma das imagens é relativa ao 3º quadrante (onde o paciente ainda apresenta um dente) e a outra imagem apresenta o 4º quadrante (onde o paciente já não apresenta qualquer dente). Para diagnóstico completo fez-se medição da espessura do osso através das imagens paraxiais que apresentam a vista lateral do mesmo. Através da medição da quantidade óssea entre a tábua óssea do lado esquerdo até à tábua óssea do lado direito (visíveis nas imagens paraxiais da Figura 38) foi possível retirar de forma mais precisa o valor da espessura óssea.

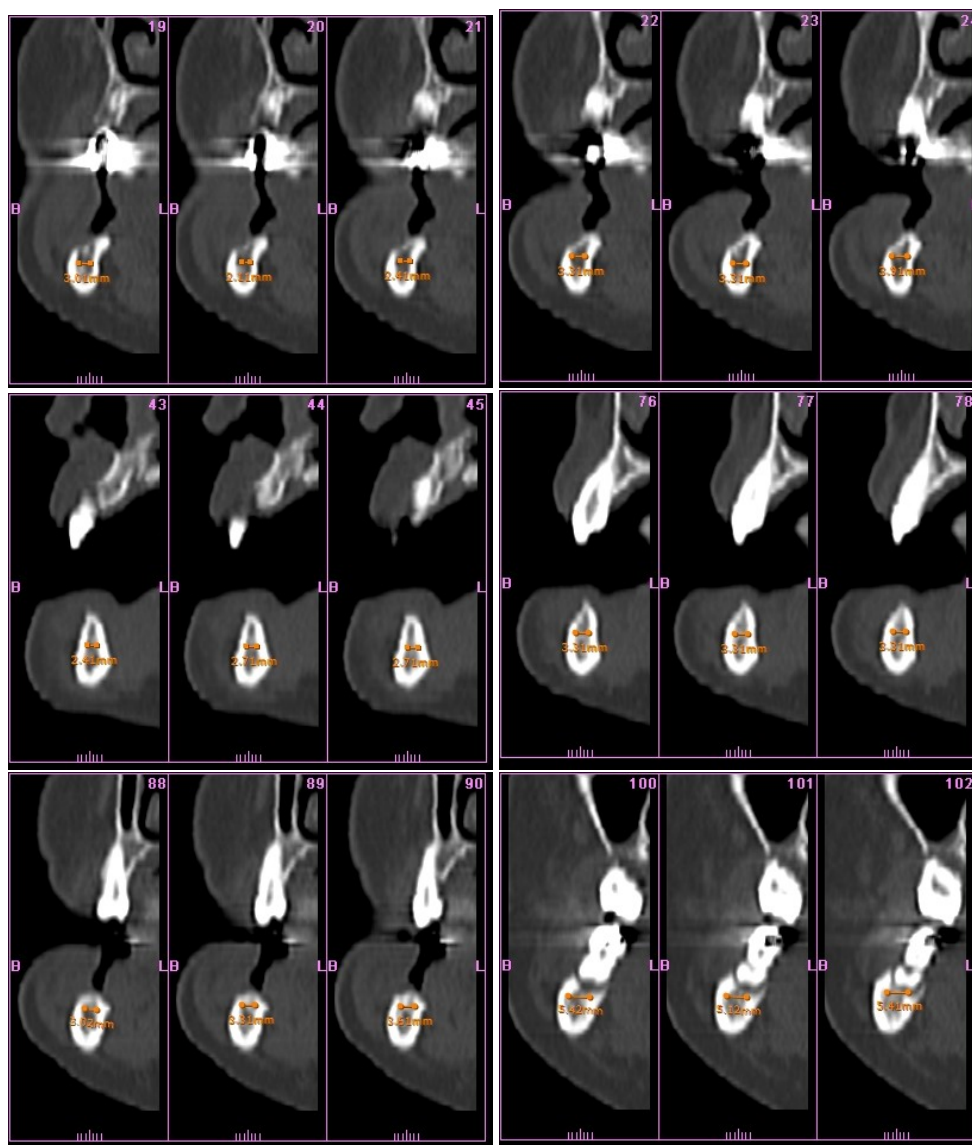


Figura 38: imagens paraxiais que permitem efetuar as medições da espessura óssea do paciente 2.

De forma a terminar a análise do paciente 2, é necessário avaliar a altura óssea do paciente. A largura, ou espaço livre entre dois dentes, não é um parâmetro necessário uma vez que o maxilar inferior se encontra praticamente edêntulo. Através do *software* TC Dental foi feita a reconstrução que permitiu obter as imagens paraxiais para a medição da altura óssea. As medições foram feitas considerando os 6 pontos assinalados na Figura 37.

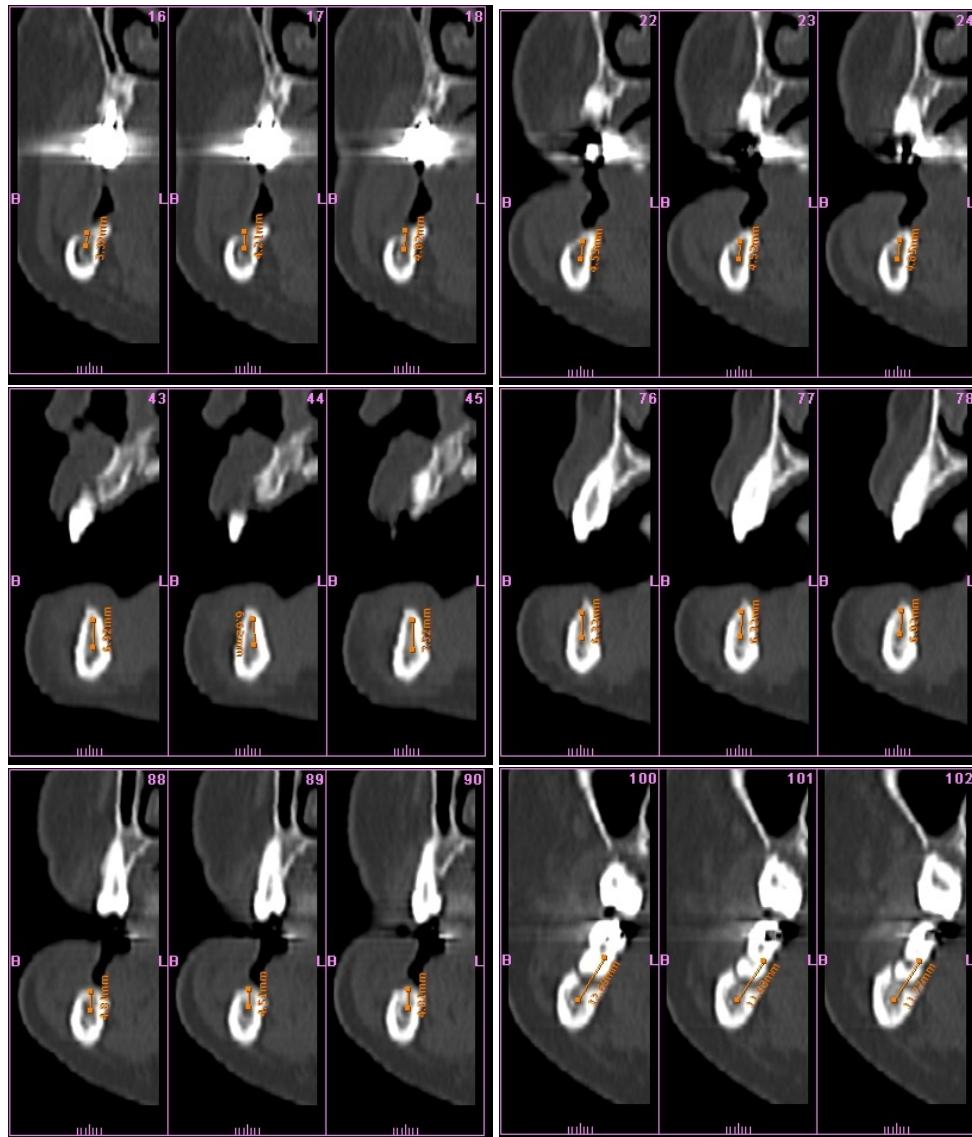


Figura 39: imagens paraxiais que permitem efetuar as medições da altura óssea do paciente 2. O paciente apresenta valores para a altura do osso bastante baixos, o que pode comprometer a reabilitação através de implantes.

A Tabela 2 apresenta as medições da altura e espessura obtidas através das imagens paraxiais. A largura não é importante neste caso, uma vez que não é necessário perceber se existe espaço para a colocação dos implantes.

Tabela 2: Dimensões das zonas edêntulas do paciente 2

	Altura	Espessura	Largura
1° Ponto	4,11 ±0,61mm	2,47 ±0,41mm	N/A
2° Ponto	4,64 ±0,14mm	3,51 ±0,28mm	N/A
3° Ponto	6,95 ±0,29mm	2,61 ±0,14mm	N/A
4° Ponto	6,22 ±0,14mm	3,31 ±0,00mm	N/A
5° Ponto	4,71 ±0,14mm	3,28 ±0,20mm	N/A
6° Ponto	12,13 ±0,40mm	5,31 ±0,13mm	N/A

### Diagnóstico e Tratamento

O paciente analisado apresenta o maxilar inferior completamente edêntulo, à exceção do 3° molar. A solução ideal para a situação apresentada passa pela colocação de implantes fixos para substituição permanente dos dentes em falta. Contudo, e devido à existência de doença periodontal crónica e diabetes, a viabilidade da regeneração óssea e a consequente fixação dos implantes pode ser comprometida. Avaliando as imagens radiográficas, torna-se óbvio que o paciente não apresenta altura óssea suficiente para a colocação dos implantes. Mesmo a espessura de tábua óssea também não é suficiente para que o implante seja colocado com algum grau de segurança e sem qualquer risco, tanto para a saúde do paciente como para a sustentação do implante.

Contudo, é necessário efetuar uma avaliação das imagens radiográficas de forma a medir e obter mais precisamente a quantidade de osso que o paciente apresenta para sugerir o tratamento mais adequado. Em relação à espessura óssea, tal como indicado anteriormente, foram medidos 6 pontos diferentes ao longo de toda a maxila. Verifica-se que o paciente apresenta um aumento da largura óssea da zona mais posterior para uma zona mais anterior. Verifica-se que a espessura óssea deste paciente se encontra muito abaixo da espessura óssea mais indicada que seria entre os 4 e 5 mm.

A Tabela 2 pode ser analisada de 2 em 2 pontos de forma a facilitar a sua análise. Analisando o 1° e 2° ponto, verifica-se que a altura óssea apresenta valores de 4,11 mm e 4,64 mm, respetivamente. Nesta zona, seria necessária uma altura mínima de 10 mm para colocação de um implante com alguma segurança. A análise à espessura óssea corrobora a dificuldade na colocação de implantes. Verifica-se

que existe um aumento de espessura óssea quando nos aproximamos de uma zona mais posterior da mandíbula (2,47 mm para 3,51 mm), mas o valor nunca chega a ser suficiente para a colocação segura de um implante. Seriam necessários pelo menos 4,5 mm. Mesmo na zona que apresenta mais osso, seria necessário aumentar em cerca de 1 mm a espessura do osso enquanto na zona do 1º ponto seria necessário o aumento de mais de 2 mm. A maior dificuldade será, contudo, o aumento da altura óssea. Nesta zona, o paciente necessita de reabilitar, pelo menos, entre 5 mm e 6 mm de altura óssea.

Perante as observações radiográficas acima, confirma-se a necessidade de efetuar um processo de enxerto ósseo de modo a reabilitar a maxila inferior do paciente devido à severa reabsorção óssea observada em todas as zonas do maxilar inferior. Torna-se necessário perceber qual é a técnica de regeneração óssea mais eficaz para este caso e que assegura uma maior possibilidade de sucesso. No caso de existir a possibilidade de obter osso para a reconstrução maxilar a partir de uma área doadora do próprio paciente, esta deve ser determinada pelas condições de saúde do paciente, pela extensão da área afetada pela reabsorção e, consecutivamente, pelo número e pela distribuição de implantes a serem aplicados. A utilização de áreas extra-orais pode ser uma hipótese. Contudo, implica a necessidade de cirurgias mais extensas que vão assim aumentar a morbidade associada a este processo e ainda apresentar um custo superior. A utilização de zonas intraorais para a reconstrução óssea, apresenta-se como uma possível solução, considerando como possíveis áreas a zona do palato e do arco zigomático e a tuberosidade maxilar.

Uma vez que neste paciente se verificou a necessidade de efetuar uma regeneração óssea vertical e horizontal ( devido às dimensões tanto de altura como de espessura óssea apresentadas), o plano para efetuar o tratamento apresenta-se um pouco mais complexo. Uma possibilidade passa por efetuar o aumento ósseo por ROG, utilizando depois a técnica de regeneração através de blocos para a obtenção de ganho ósseo horizontal. Para efetuar o aumento ósseo, seriam utilizadas membranas de barreira, como é o caso das membranas de colágeno para evitar o crescimento de células que não são capazes de regenerar osso em locais que vão ser preenchidos por osso. Para o caso deste paciente, e mais concretamente para a regeneração óssea horizontal, o ideal seria a utilização de autoenxertos, uma vez que a zona a regenerar apresenta uma elevada dimensão. Idealmente, a utilização de uma mistura de materiais sintéticos com enxertos autógenos seria o mais apropriado, uma vez que a utilização da mistura de ambos os materiais tem-se provado como sendo uma melhor opção. Desta forma, e dado que o paciente apresenta uma retração severa, aumentar-se-ia a chance de uma boa resposta do organismo do paciente.

A fixação destes blocos é feita através da colocação de parafusos com cerca de 1,5 mm a 2 mm.

Após cerca de 6 meses são retirados os parafusos de fixação e colocados os implantes ósseo-integráveis no caso do sucesso na reabilitação óssea do paciente.

### 4.1.3 Paciente 3

#### Apresentação do Paciente

Trata-se de um paciente saudável do sexo feminino, com 47 anos de idade. Edêntula de longa data, não apresenta qualquer tipo de doença periodontal nem outro tipo de doenças associadas. A avaliação oral mostrou ausências de peças dentárias no maxilar inferior, nas zonas relativas ao 1° pré-molar do 4° quadrante e ao 2° pré-molar e 1° molar do 3° quadrante, como pode ser observado na Figura 40, através da reconstrução a 3 dimensões que foi efetuada através do sistema de análise de imagens TC Sante DICOM. Pretende-se avaliar a possibilidade de efetuar implantes dentários para substituição permanente dos dentes em falta neste paciente.

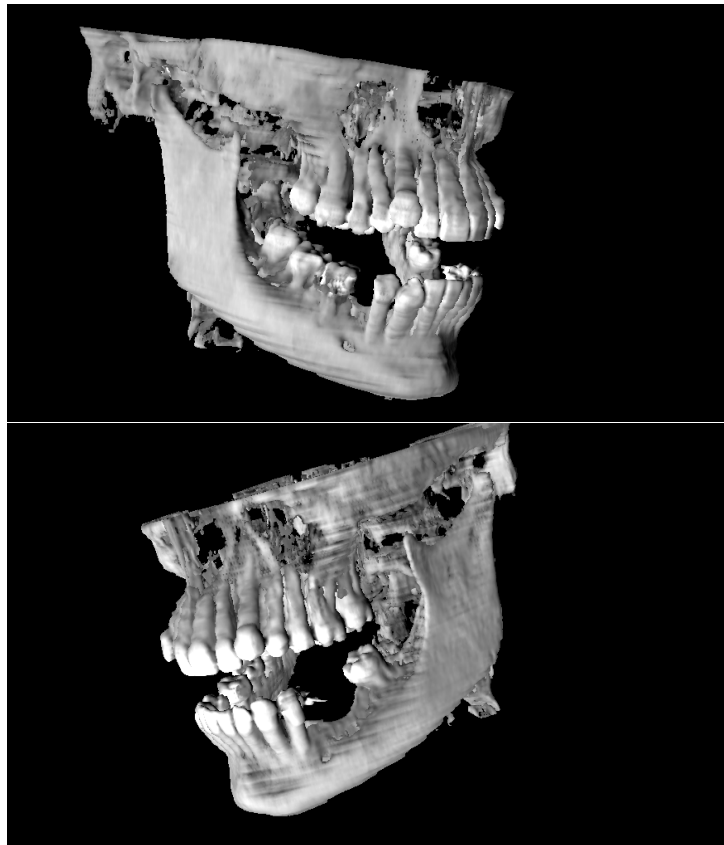


Figura 40: paciente 3 - reconstrução 3D das imagens TC obtidas no sistema *TC Somaton Esprit da Siemens*.

## Análise dentária

Tal como mencionado anteriormente, o paciente 3 apresenta ausência do 1º pré-molar do 4º quadrante e do 2º pré-molar e 1º molar do 3º quadrante. Pretende-se analisar a possibilidade de colocar três implantes para a substituição permanente dos dentes em falta do maxilar inferior. Efetuou-se a avaliação dentária para o maxilar inferior através do *software* TC Dental utilizada anteriormente. As imagens foram analisadas através do *software* Sante DICOM Viewer. Através das imagens da Figura 41 é possível observar a cavidade bucal do paciente 3 assim como as linhas de referência traçadas para as imagens paraxiais que vão permitir efetuar uma melhor análise da quantidade óssea através da medição da largura e da altura do osso alveolar. Através dessas linhas de referência, é também possível localizar a imagem paraxial mais adequada para o estudo de um determinado local.

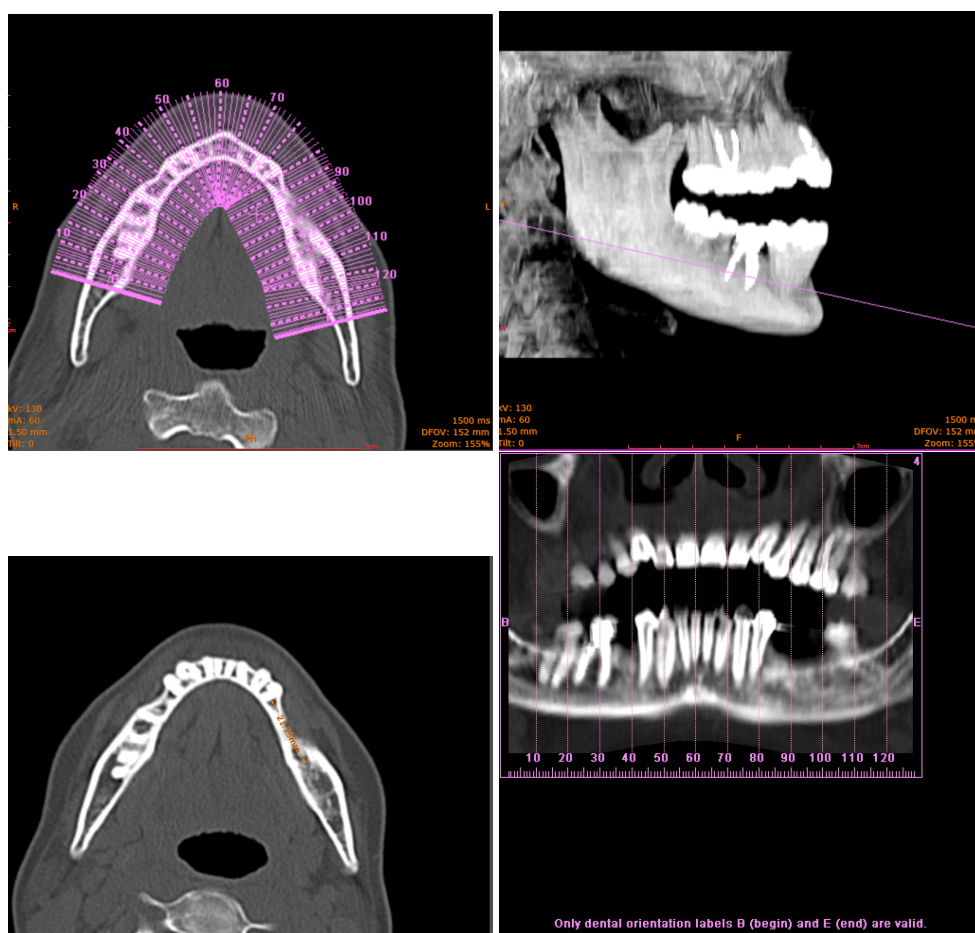


Figura 41: nas duas imagens superiores, são colocadas as linhas de referência para efetuar as medições. Nas imagens inferiores, é possível verificar a limitação da quantidade óssea e dentária do paciente 3.

Através do número das imagens obtidos a cima, o próximo passo passa por analisar as imagens paraxiais correspondentes às zonas selecionadas. Desta forma, através das imagens da Figura 42 retiraram-se



os valores de espessura do osso alveolar para as zonas edêntulas do paciente 3. O primeiro molar do 4º quadrante localiza-se entre as imagens 37 e 42, o pré-molar do 4º quadrante localiza-se entre as imagens 85 e 90 e o 1º molar do 4º quadrante localiza-se entre a imagem 91 e 96. Na tabela 3 encontram-se os valores médios para a espessura do osso alveolar das zonas dos três dentes em falta e onde se pretende colocar os implantes. Uma vez que neste paciente o osso alveolar não apresenta as mesmas medidas na zona superior (mais à superfície) e na zona inferior (mais profunda), são avaliadas três profundidades diferentes. O valor apresentado na Tabela 3 é um valor médio das 3 medições.

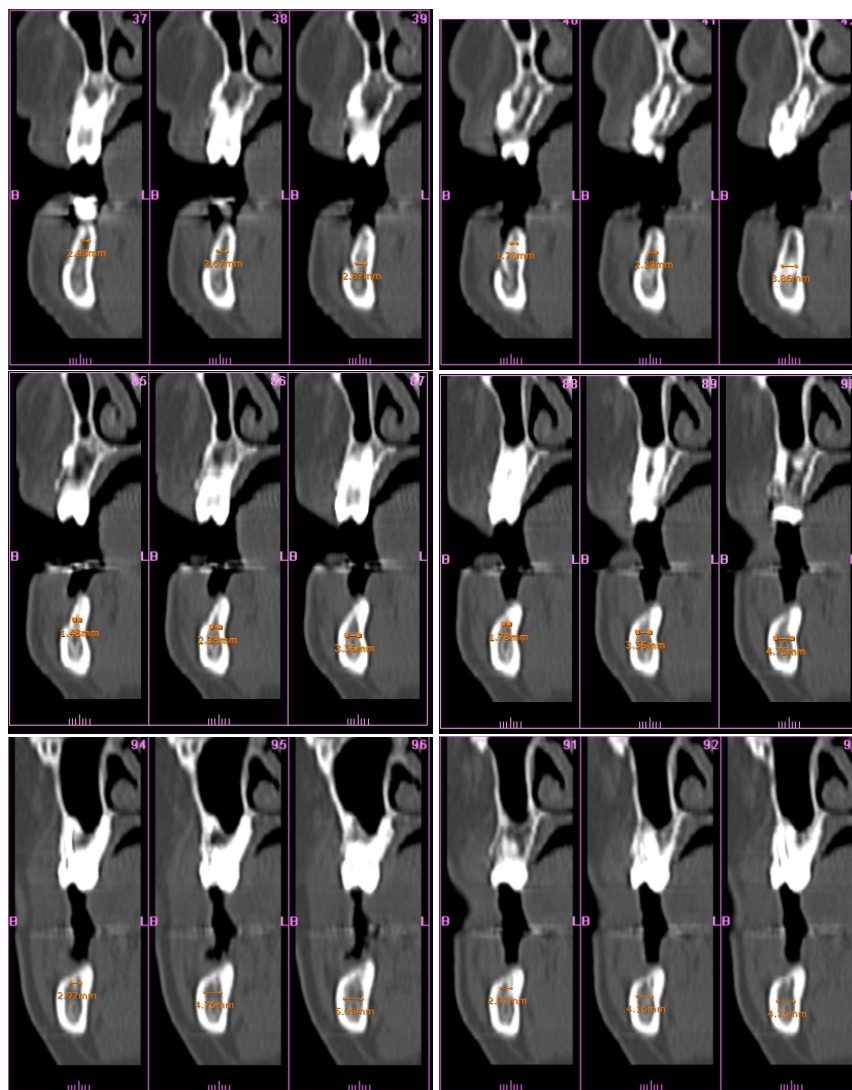


Figura 42: imagens paraxiais obtidas através do exame de TC do paciente 3. Estas imagens permitem medir a espessura óssea do paciente de forma a avaliar a sua quantidade óssea para a colocação de implantes.

O passo seguinte passa pela avaliação da altura óssea nas zonas edêntulas. Assim, através das imagens da Figura 43, é possível extrair os valores de altura do osso alveolar para as zonas edêntulas do paciente 3. As imagens utilizadas para a medição desta altura foram as mesmas utilizadas para a medição da espessura de osso alveolar. Os valores de altura óssea encontram-se na Tabela 3.

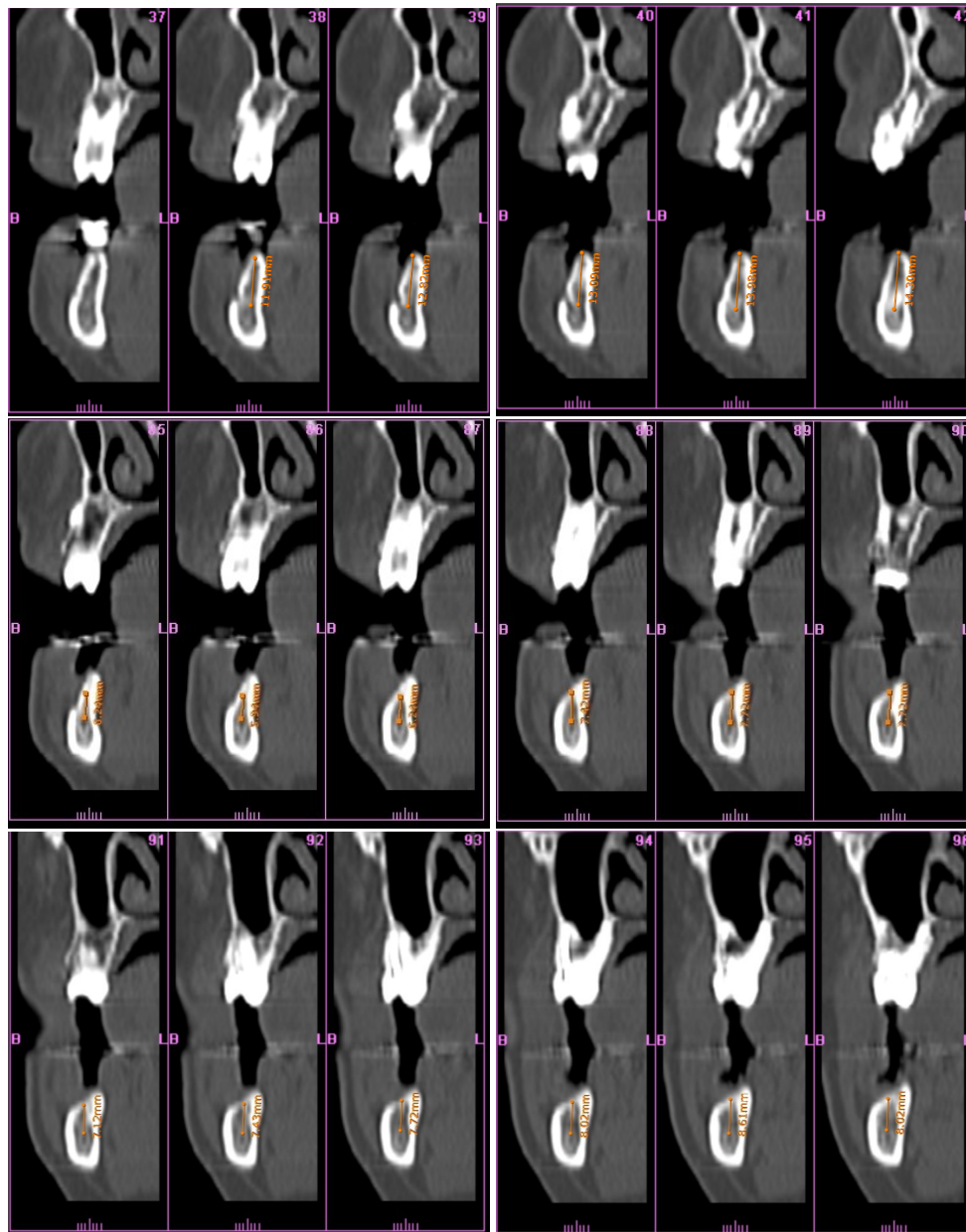


Figura 43: imagens paraxiais obtidas através do exame de TC do paciente 3. Estas imagens permitem medir a altura óssea do paciente de forma a avaliar a sua quantidade óssea para a colocação de implantes.

Por fim, será analisada a largura existente entre cada um dos dentes de forma a entender se existe espaço suficiente para a colocação dos implantes. Na Figura 44 encontram-se as medidas da largura das zonas edêntulas efetuadas numa imagem axial do paciente 3. No 3º quadrante, os dentes em falta localizam-se sucessivamente.

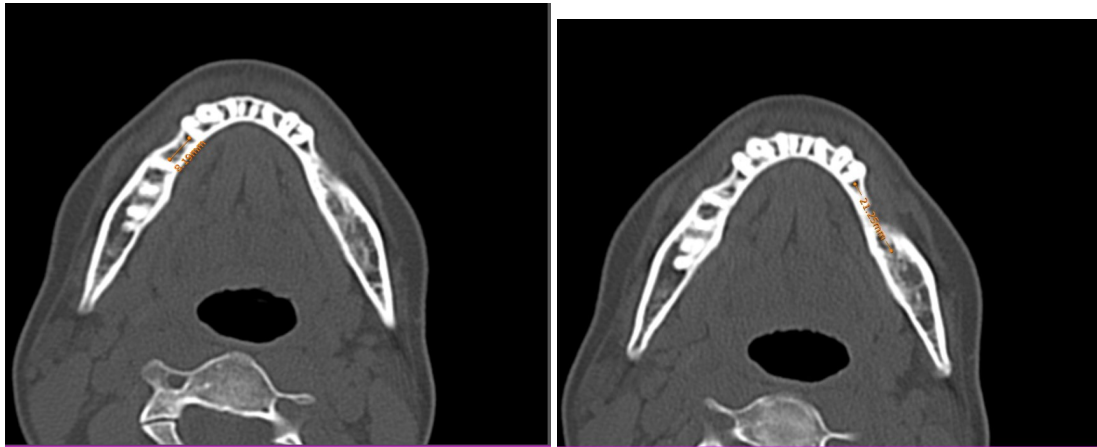


Figura 44: imagens paraxiais obtidas através do exame de TC do paciente 3. Estas imagens permitem medir a largura óssea do paciente de forma a avaliar a sua quantidade óssea para a colocação de implantes.

Tabela 3: Dimensões das zonas edêntulas do paciente 3

	1º Molar Esquerdo	2º Molar Direito	1º Molar Direito
Largura	8,19 ±00mm	21,8±00mm	
Espessura	2,57 ±0, 71mm	2,91 ±1, 25mm	4,10 ±0, 92mm
Altura	13,22 ±0, 95mm	7,23 ±0, 91mm	7,82 ±0, 52mm

### Diagnóstico e Tratamento

O paciente 3 apresenta uma região edêntula no maxilar inferior, correspondente ao 1º molar do 4º quadrante e ao 2º pré-molar e 1º molar do 3º quadrante. O tratamento preferencial para este paciente passa pela colocação de implantes nas zonas edêntulas, substituindo de forma permanente os dentes em falta. Para que a colocação destes implantes tenha uma maior percentagem de sucesso é necessário avaliar a quantidade e qualidade óssea do paciente. Uma menor quantidade óssea, devido à retração do

osso alveolar, diminui a probabilidade de sucesso da colocação do implante. Se o paciente não apresentar as dimensões mínimas necessárias para a colocação destes implantes, poderá ser necessário recorrer a técnicas de regeneração óssea já mencionadas anteriormente. Através das imagens de TC obtidas, foi possível aferir as medidas do osso alveolar do paciente, registadas na Tabela 3.

A espessura do osso alveolar é obtida através das imagens paraxiais. Através da Figura 33, verifica-se uma diminuição na espessura do osso nas regiões edêntulas devido à perda dos dentes e perda de estimulação do osso nesses locais. Analisando as medições efetuadas e registadas na Tabela 3, verifica-se que na zona do 1º molar do 4º quadrante, a espessura do osso alveolar é de cerca de 2,57 mm, chegando a valores de 1,78 mm na zona superior, onde a perda óssea é menor. Este valor encontra-se muito abaixo ao valor considerado adequado, isto é, 5mm de espessura entre as tábuas ósseas. Isto porque, os implantes a serem colocados, apresentam diâmetro próximo deste valor.

Também através das imagens paraxiais, é possível obter uma visão geral de cada dente. Desta forma, é possível determinar a altura do osso alveolar. Tal como se pode aferir na Tabela 3, a zona do 1º molar do 4º quadrante apresenta cerca de 13,22 mm de altura de osso. Verifica-se ainda que, em zonas mais favoráveis, esta altura chega mesmo a encontrar-se nos 14 mm. Ao contrário do valor de espessura, que se encontra bastante abaixo do esperado, este valor é satisfatório e pode não ser necessário nenhum procedimento para regeneração óssea ao nível de aumento da altura óssea. Nesta zona o paciente apresenta uma diminuição de osso muito maior em termos de espessura. Apesar de não apresentar as condições ideais para a colocação de implantes, apresenta condições favoráveis para regeneração óssea uma vez que o ganho de espessura é obtido com maior facilidade que o ganho em altura. Para obtenção da quantidade óssea necessária, o processo que pode ser seguido é a regeneração por *split crest*. Uma vez que o paciente ainda apresenta cerca de 2 a 3 mm de espessura óssea, esta técnica vai reduzir os possíveis problemas que podem surgir, e dada a sua simplicidade e rapidez, reduz também a probabilidade de complicações e o tempo de recuperação.

Analisando agora o quarto quadrante da cavidade oral, verifica-se que o paciente apresenta uma perda de dois dentes em posições sucessivas. Desta forma, a melhor abordagem passa por analisar esta zona como uma zona única, de forma a que, caso seja necessário, se efetue apenas um procedimento para regeneração óssea daquela zona. Analisando a Tabela 3, verificam-se diferenças quando se comparam as zonas dos dois dentes. Na zona do 2º pré-molar, o paciente apresenta uma espessura de osso alveolar, de cerca de 2,90 mm enquanto que na zona correspondente ao 1º molar, este valor encontra-se perto dos 4 mm. Isto advém, muito provavelmente, do paciente 3 ter perdido o pré-molar muito tempo antes de ter perdido o molar, o que fez com que na zona do pré-molar, o osso já sofresse bastante perda óssea.

Quando se analisa a altura do osso alveolar nesta zona, ao contrário do que acontece com a espessura, verifica-se que a perda foi semelhante, havendo, contudo, um valor ligeiramente mais alto de osso alveolar na zona do molar. Este valor de cerca de 8 mm, não pode ser considerado suficiente, uma vez que o implante necessita de pelo menos 10 mm de altura para ser colocado com segurança.

Consequentemente, também esta zona necessita de regeneração óssea. A regeneração do osso em altura terá de ser realizada nas zonas de ambos os dentes, enquanto que a regeneração em espessura é mais crítica para a zona do pré-molar que se encontra com valores bastantes menores que 4 mm. A zona correspondente ao molar encontra-se com um valor de espessura de cerca de 4 mm. Numa situação em que se tivesse que colocar apenas um implante isoladamente, esta espessura poderia ser suficiente. Contudo, e dado que vai ser necessário efetuar um procedimento numa zona próxima, não sendo exigido um procedimento adicional, pode-se optar por efetuar regeneração óssea horizontal também da zona do molar.

Dado que se verifica a necessidade de efetuar regeneração óssea vertical e horizontal, devido à falta de osso alveolar tanto em altura como em espessura, este procedimento pode mostrar-se mais complexo. Uma possibilidade passaria por utilizar a técnica de ROG para efetuar o aumento ósseo, optando depois, idealmente, pela colocação de enxertos autógenos para efetuar a regeneração óssea horizontal. Na ausência de um local extra-oral para efetuar a extração do osso e dado que isto implicaria uma segunda cirurgia, pode-se optar pela extração de osso intra-oral, visto que a zona a regenerar é consideravelmente pequena. A extração de uma pequena quantidade de osso, misturado com materiais sintéticos poderá ser suficiente para permitir a regeneração óssea nesta zona. No caso de não ser possível a extração de osso para enxerto do próprio paciente, seria necessário arranjar uma outra solução recorrendo, por exemplo, a enxertos ósseos sintéticos, aumentando assim a possibilidade de serem rejeitados.

## Capítulo 5

# Conclusão e trabalho futuro

### 5.1 Conclusão

Esta dissertação de mestrado centrou-se na análise de casos de edentulismo recorrendo à técnica de imagem TC, incluindo o estudo completo de um sistema TC. Este estudo permitiu avaliar as implicações clínicas do edentulismo, o seu diagnóstico recorrendo à TC e o planeamento de um possível tratamento para pacientes que sofrem desta patologia através da colocação de implantes. Foi ainda abordada a temática da regeneração óssea para doentes que apresentem uma alta retração do osso alveolar e cuja condição óssea não é favorável para a colocação de implantes.

O edentulismo é uma condição que afeta a qualidade de vida dos pacientes, e a reabilitação oral com implantes dentários tem sido uma opção de tratamento amplamente adotada para restaurar a função mastigatória e a estética facial. As imagens de TC oferecem informações detalhadas sobre a anatomia bucal, possibilitando um planeamento preciso e personalizado para a colocação de implantes. Estas imagens possibilitam a identificação de estruturas anatómicas, a avaliação da quantidade e qualidade do osso remanescente. A partir destas informações, os cirurgiões podem desenvolver estratégias de tratamento personalizadas e seguras que atendam às necessidades individuais de cada paciente. A TC, com a sua capacidade de fornecer imagens tridimensionais detalhadas e precisas, revelou-se uma ferramenta essencial no planeamento e na avaliação de pacientes edêntulos. A obtenção de informações precisas sobre a morfologia óssea e as estruturas anatómicas adjacentes é crucial para o sucesso de qualquer procedimento cirúrgico relacionado com implantes dentários. A TC apresenta-se assim mais vantajosa quando comparada com outras técnicas de imagem radiográfica intraorais, uma vez que permite a visualização de imagens no eixo paraxial, que se tornam fulcrais na avaliação da qualidade óssea. Contudo, a TC não deixa de apresentar como desvantagem exposição à radiação X.

Esta dissertação enfatiza ainda a importância das técnicas de regeneração óssea, que desempenham um papel fundamental na reabilitação de pacientes com edentulismo. A pesquisa detalhada dessas técni-

cas, como enxertos ósseos e uso de materiais de regeneração, demonstra a evolução contínua das opções terapêuticas disponíveis para pacientes que enfrentam deficiências ósseas. Essas técnicas fornecem soluções eficazes para casos desafiadores, expandindo as possibilidades de tratamento e permitindo que um maior número de pacientes beneficie da colocação de implantes dentários. É importante ressaltar que a colocação de implantes dentários, combinada com técnicas de regeneração óssea, não apenas restaura a função mastigatória e a estética, como também desempenha um papel essencial na melhoria da qualidade de vida dos pacientes, aumento a sua autoestima. A capacidade de sorrir, falar e comer normalmente é essencial para o bem-estar psicológico e emocional, além de contribuir para a saúde em geral.

Foram analisados, em conjunto com uma clínica de medicina dentária, os casos de 3 pacientes que apresentam edentulismo e pretendem analisar a possibilidade de colocação de implantes dentais. O paciente 1, apresenta edentulismo nas zonas referentes ao 2º pré-molar e ao 1º e 2º molares do 4º quadrante. A avaliação dental revelou a necessidade da utilização de uma técnica de regeneração óssea para a regeneração horizontal de osso alveolar de forma a garantir uma espessura suficiente para a colocação do implante.

O paciente 2 apresenta o maxilar inferior completamente edêntulo, à exceção do segundo molar do 4º quadrante, devido a doença periodontal crônica. A reabsorção óssea é bastante visível mesmo sem a necessidade da utilização de técnicas de imagem, sendo que o paciente apresenta um rosto deformado quando não utiliza uma placa removível. Obviamente, esta retração óssea grave limita a possibilidade de efetuar uma reabilitação total do maxilar. Uma possível solução, considerando sempre que o estado avançado de reabsorção óssea pode limitar o sucesso do procedimento, seria a utilização de da ROG para efetuar o levantamento do seio maxilar, através da utilização de membranas de barreira de colágeno e a utilização de autoenxertos para a expansão da crista alveolar e aumento da espessura óssea.

O paciente 3, apresenta edentulismo nas zonas referentes ao 1º molar do 3º quadrante, ao 2º pré-molar e ao 1º molar do 4º quadrante. Desta forma, a avaliação dental revelou a necessidade da utilização de técnicas de regeneração óssea tanto para a regeneração horizontal de osso alveolar como para a elevação do seio maxilar. Desta forma, uma das possibilidades seria a utilização da ROG para efetuar o levantamento do seio maxilar e a utilização de enxertos ósseos autógenos, de preferência para a expansão da crista alveolar. Em síntese, esta dissertação permite avaliar o papel fundamental da TC, que ainda se apresenta como um exame fundamental para a avaliação dental em casos de pacientes com edentulismo que pretendam colocar implantes dentários, permitindo que o cirurgião possa efetuar o planejamento de forma precisa e o mais detalhado possível para cada um dos pacientes, de acordo com as suas

especificidades.

## **5.2 Perspetiva de trabalho futuro**

Um dos caminhos mais promissores para o trabalho futuro envolve o desenvolvimento contínuo de tecnologias de imagens radiográficas. Com a evolução da inteligência artificial e de algoritmos de *machine learning*, podemos antecipar avanços na automação da análise de imagens, resultando em diagnósticos mais rápidos e precisos. Uma possibilidade interessante passaria pelo desenvolvimento de um algoritmo que, através de imagens paraxiais obtidas por TC, efetuasse a análise da qualidade óssea do paciente e fornecesse um diagnóstico para a necessidade ou não de utilizar técnicas de regeneração óssea. Além disso, o desenvolvimento de métodos de imagem mais acessíveis e de baixa radiação pode tornar a TC uma ferramenta ainda mais amplamente utilizada na prática clínica. O aprimoramento das técnicas de regeneração óssea também é uma área de pesquisa em crescimento, com o potencial de oferecer soluções mais eficazes para casos desafiadores de deficiência óssea devendo continuar a existir a investigação em novos materiais, abordagens cirúrgicas e biomarcadores que auxiliem na otimização da regeneração óssea, minimizando o tempo de recuperação e o desconforto do paciente. Devem ainda ser incluídos estudos que avaliem os resultados a longo prazo de pacientes que passaram por procedimentos de implantação e regeneração óssea e compreender como estes procedimentos se sustentam ao longo do tempo, para melhoria contínua da prática clínica.



## Bibliografia

- [1] S. Rod.R. and S. T. D., *Anatomia Fisiologia*. Lusociência, 6th ed., 2005.
- [2] N. Shah, "Recent advances in imaging technologies in dentistry," *World Journal of Radiology*, vol. 6, p. 794, 2014.
- [3] A. Gahleitner, G. Watzek, and H. Imhof, "Dental ct: imaging technique, anatomy, and pathologic conditions of the jaws," *European Radiology*, vol. 13, pp. 366–376, 2 2003.
- [4] G. A. Farman and A. S. Kolsom, "Interoral radiographic techniques," 2014.
- [5] A. Nagarajan, A. Namasivayam, R. Perumalsamy, and R. Thyagarajan, "Diagnostic imaging for dental implant therapy," *Journal of Clinical Imaging Science*, vol. 4, p. 4, 2014.
- [6] A. Anwar, A. J. Keightley, E. M. Roebuck, and S. Turner, "The value of bitewing radiographs in the management of carious primary molars," *BDJ Team*, vol. 9, pp. 30–35, 5 2022.
- [7] L. A. F. Page, D. Boyd, K. Fuge, A. Stevenson, K. Goad, D. Sim, and W. M. Thomson, "The effect of bitewing radiography on estimates of dental caries experience among children differs according to their disease experience," *BMC Oral Health*, vol. 18, p. 137, 12 2018.
- [8] T. Ramires, R. A. Maia, and J. R. Barone, "Nasal cavity changes and the respiratory standard after maxillary expansion," *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, vol. 74, pp. 763–769, 9 2008.
- [9] A. Bernaerts, F. M. Vanhoenacker, L. Geenen, G. Quisquater, and P. M. Parizel, "Conventional dental radiology: what the general radiologist needs to know.," *JBR-BTR : organe de la Societe royale belge de radiologie (SRBR) = orgaan van de Koninklijke Belgische Vereniging voor Radiologie (KBVR)*, vol. 89, pp. 23–32, 2006.
- [10] G. S. Silveira and P. E. A. de Souza, "Diagnóstico ortodôntico sem as radiografias periapicais de todos os dentes: Are self-ligating brackets related to less formation of streptococcus mutans colonies? a systematic review view project smile esthetics view project," 2014.

- [11] S. Withers and M. Heyde, "Panoramic radiographs: Technique anatomy review."
- [12] K. Laskos, E. Arruda, R. Assad, T. Oliveira, and F. Valarelli, "A ortodontia parcial como alternativa no tratamento em adultos limited orthodontics as an alternative to treatment in adults," *Ortodoncia*, vol. 46, pp. 399–406, 01 2013.
- [13] D. Idiyatullin, C. Corum, S. Moeller, H. S. Prasad, M. Garwood, and D. R. Nixdorf, "Dental magnetic resonance imaging: Making the invisible visible," *Journal of Endodontics*, vol. 37, pp. 745–752, 6 2011.
- [14] L. K. Niraj, "Mri in dentistry- a future towards radiation free imaging – systematic review," *JOURNAL OF CLINICAL AND DIAGNOSTIC RESEARCH*, 2016.
- [15] J. Sumampouw, "Strong mri scans can suck out dental fillings," 2023.
- [16] D. A. Felton, "Complete edentulism and comorbid diseases: An update," *Journal of Prosthodontics*, vol. 25, pp. 5–20, 1 2016.
- [17] E. Emami, R. F. D. Souza, M. Kabawat, and J. S. Feine, "The impact of edentulism on oral and general health," 2013.
- [18] I. Polzer, M. Schimmel, F. Müller, and R. Biffar, "Edentulism as part of the general health problems of elderly adults\*," *International Dental Journal*, vol. 60, pp. 143–155, 2010.
- [19] O. dos Médicos Dentistas, "Barómetro da saúde oral," 2018.
- [20] J. Neri, R. Tunes, M. Barreto, M. Jr, C. Oliveira, and U. Tunes, "Doença peri-implantar em paciente com diabetes mellitus tipo 2: Relato de caso," *Revista Bahiana de Odontologia*, vol. 7, 12 2016.
- [21] T. J. Mcgamy and J. F. Skiba, "Topics of interest classification system for complete edentulism," 1999.
- [22] M. S. Block, "Dental implants: The last 100 years," *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, vol. 76, pp. 11–26, 1 2018.
- [23] J. V. O. Cunha and K. S. P. A. Dias, "Carga imediata em implantes unitários: revisão de literatura," *Research, Society and Development*, vol. 11, p. e295111638448, 12 2022.

- [24] L. A. Lang, S. E. Hansen, N. Olvera, and S. Teich, "A comparison of implant complications and failures between the maxilla and the mandible," *Journal of Prosthetic Dentistry*, vol. 121, pp. 611–617, 4 2019.
- [25] K. Grisar, D. Sinha, J. Schoenaers, T. Dormaar, and C. Politis, "Retrospective analysis of dental implants placed between 2012 and 2014: Indications, risk factors, and early survival," *The International Journal of Oral Maxillofacial Implants*, vol. 32, pp. 649–654, 5 2017.
- [26] C. Rodrigues and R. Costa, "The different characteristics of dental implant systems and models: A literature review."
- [27] C. A. Rodrigues, D. Silva, C. F. Santana, K. Lima, F. Luis, and B. Guerra, "Estudo comparativo entre implantes do tipo hexágono interno, externo e cone morse."
- [28] S. R. Bernardes, "Análise fotoelástica da união de pilar a implantes de hexágonos externo e interno," *Implant News*, vol. 3, no. 4, 2016.
- [29] F. J. Gil, "Influence of the height of the external hexagon and surface treatment on fatigue life of commercially pure titanium dental implante," *Int J Oral Maxillofac Implants*.
- [30] G. H. D. Pimentel, L. D. M. Martins, M. Ramos, F. Lorenzoni, and A. C. D. Queiroz, "Perda óssea periimplantar e diferentes sistemas de implantes," *Innovations Implant Journal*, vol. 5, no. 2, pp. 75–81, 2010.
- [31] S. Gracis, K. Michalakis, P. Vigolo, P. Vult von Steyern, M. Zwahlen, and I. Sailer, "Internal vs. external connections for abutments/reconstructions: a systematic review," *Clin. Oral Implants Res.*, vol. 23 Suppl 6, pp. 202–216, Oct. 2012.
- [32] M. Menini, P. Pesce, F. Bagnasco, M. Carossa, F. Mussano, and F. Pera, "Evaluation of internal and external hexagon connections in immediately loaded full-arch rehabilitations: a within-person randomised splitmouth controlled trial," *Int J Oral Implantol (Berl)*, vol. 12, no. 2, pp. 169–179, 2019.
- [33] F. J. Gil, M. Herrero-Climent, P. Lázaro, and J. V. Rios, "Implant-abutment connections: influence of the design on the microgap and their fatigue and fracture behavior of dental implants," *J. Mater. Sci. Mater. Med.*, vol. 25, pp. 1825–1830, July 2014.

- [34] Y. Maeda, "In vitro differences of stress concentrations for internal and external hex implant connections: a short communication", *Journal of Oral Rehabilitation*.
- [35] K.-T. Koo, E.-J. Lee, J.-Y. Kim, Y.-J. Seol, J. S. Han, T.-I. Kim, Y. M. Lee, Y. Ku, U. M. E. Wikesjö, and I.-C. Rhyu, "The effect of internal versus external abutment connection modes on crestal bone changes around dental implants: a radiographic analysis," *J. Periodontol.*, vol. 83, pp. 1104–1109, Sept. 2012.
- [36] P. Vigolo, S. Gracis, F. Carboncini, and S. Mutinelli, "Italian academy of prosthetic dentistry) clinical research group. internal-vs external-connection single implants: A retrospective study in an italian population treated by certified prosthodontists," *Int. J. Oral Maxillofac. Implant*, vol. 31, pp. 1385–1396, 2016.
- [37] D. I. Writer, "Comparison of external internal hex implants," 2023.
- [38] M. A. R. Araujo, *Seven Year Longitudinal study of 320 morse taper connection implants*. Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.
- [39] F. I. Ferreira, "Visão contemporânea do sistema cone-morse em reabilitações protéticas: revisão crítica de literatura," *Universidade Federal do Rio Grande do Sul*, 2017.
- [40] R. C. Caspar, V. M. Barros, and A. B. R. Simão, *Reabilitação estética e funcional utilizando implante cone morse: Relato de caso clínico*. 2012.
- [41] G. M. Moreira, G. de Mattos Peres, and T. A. dos Reis, "Diferentes sistemas de implantes dentários: uma revisão descritiva da literatura," *Research, Society and Development*, vol. 11, p. e16311830603, 6 2022.
- [42] B. E. Pjetursson, W. C. Tan, M. Zwahlen, and N. P. Lang, "A systematic review of the success of sinus floor elevation and survival of implants inserted in combination with sinus floor elevation," *J. Clin. Periodontol.*, vol. 35, pp. 216–240, Sept. 2008.
- [43] M. A. Eskan, G. Uzel, and S. Yilmaz, "A fixed reconstruction of fully edentulous patients with immediate function using an apically tapered implant design: a retrospective clinical study," *Int. J. Implant Dent.*, vol. 6, p. 77, Nov. 2020.
- [44] V. Carrao and I. DeMatteis, "Maxillary sinus bone augmentation techniques," *Oral Maxillofac. Surg. Clin. North Am.*, vol. 27, pp. 245–253, May 2015.

- [45] L. A. Aguirre Zorzano, M. A.-a. J. A. RodrÃguez Tojo, and J. A. M. Aguirre Urizar, "Maxillary sinus lift with intraoral autologous bone and B - Tricalcium Phosphate: Histological and histomorphometric clinical study," *Medicina Oral, PatologÃa Oral y CirugÃa Bucal (Internet)*, vol. 12, pp. 532 – 536, 11 2007.
- [46] M. M. Bornstein, K. Horner, and R. Jacobs, "Use of cone beam computed tomography in implant dentistry: current concepts, indications and limitations for clinical practice and research," 2 2017.
- [47] H. F. Rios, W. S. Borgnakke, and E. Benavides, "The use of cone-beam computed tomography in management of patients requiring dental implants: An american academy of periodontology best evidence review," *Journal of Periodontology*, vol. 88, pp. 946–959, 10 2017.
- [48] A. Rachmiel and D. Shilo, "The use of distraction osteogenesis in oral and maxillofacial surgery," *Ann. Maxillofac. Surg.*, vol. 5, pp. 146–147, July 2015.
- [49] R. Mohanty, N. N. Kumar, and C. Ravindran, "Vertical alveolar ridge augmentation by distraction osteogenesis," *J. Clin. Diagn. Res.*, vol. 9, pp. ZC43–6, Dec. 2015.
- [50] K. Yamauchi, T. Takahashi, S. Nogami, Y. Kataoka, I. Miyamoto, and K. Funaki, "Horizontal alveolar distraction osteogenesis for dental implant: long-term results," *Clin. Oral Implants Res.*, vol. 24, pp. 563–568, May 2013.
- [51] B. R. Goldwaser, M. E. Papadaki, L. B. Kaban, and M. J. Troulis, "Automated continuous mandibular distraction osteogenesis: review of the literature," *J. Oral Maxillofac. Surg.*, vol. 70, pp. 407–416, Feb. 2012.
- [52] U. Faysal, S. B. Cem, and S. Atilla, "Effects of different consolidation periods on bone formation and implant success in alveolar distraction osteogenesis: a clinical study," *J. Craniomaxillofac. Surg.*, vol. 41, pp. 194–197, Apr. 2013.
- [53] M. S. Kosyk, A. R. Carlson, Z. D. Zapatero, C. L. Kalmar, C. M. Cielo, J. Lioy, S. P. Bartlett, J. A. Taylor, and J. W. Swanson, "Mandibular distraction osteogenesis for tongue-based airway obstruction without micrognathia," *Ann. Plast. Surg.*, vol. 88, pp. 54–58, Jan. 2022.
- [54] J. B. Cope, M. L. Samchukov, and A. M. Cherkashin, "Mandibular distraction osteogenesis: a historic perspective and future directions," *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.*, vol. 115, pp. 448–460, Apr. 1999.

- [55] S. Hatefi, K. Hatefi, F. Le Roux, J. Alizargar, Z. Behdadipour, Y. Yihun, and K. Abou-El-Hossein, "Review of automatic continuous distraction osteogenesis devices for mandibular reconstruction applications," *Biomed. Eng. Online*, vol. 19, p. 17, Apr. 2020.
- [56] M. Simion, C. Dahlin, I. Rocchietta, A. Stavropoulos, R. Sanchez, and T. Karring, "Vertical ridge augmentation with guided bone regeneration in association with dental implants: An experimental study in dogs," *Clinical Oral Implants Research*, vol. 18, pp. 86–94, 2 2007.
- [57] L. M. dos Anjos, A. de Oliveira Rocha, R. de Menezes dos Anjos Santos, N. S. M. Júnior, T. O. Lima, L. B. Barbosa, M. S. da Silva Simões, M. P. Zendron, W. J. e Silva Filho, and S. P. Paixão, "O que há de atual sobre regeneração óssea guiada em odontologia: uma revisão integrativa," *Revista Eletrônica Acervo Saúde*, vol. 15, p. e10096, 4 2022.
- [58] A. M. Alqahtani, "Guided tissue and bone regeneration membranes: A review of biomaterials and techniques for periodontal treatments," 8 2023.
- [59] F. Tiboni, L. F. Baier, and I. B. A. Baier, "Revisão bibliográfica sobre regeneração óssea guiada em associação a implantes odontológicos," *Revista Eletrônica Acervo Científico*, vol. 3, p. e913, 5 2019.
- [60] M. Retzepi and N. Donos, "Guided bone regeneration: Biological principle and therapeutic applications," 6 2010.
- [61] T. R. D. M. Batista<sup>1</sup>, A. Moura, X. Dantas<sup>2</sup>, C. Roberto, B. Dias<sup>3</sup>, G. R. D. S. Junior<sup>3</sup>, R. Moura, and X. Dantas, "Eficácia das membranas não absorvíveis na regeneração óssea guiada: Uma revisão de literatura."
- [62] M. Clementini, A. Morlupi, L. Canullo, C. Agrestini, and A. Barlattani, "Success rate of dental implants inserted in horizontal and vertical guided bone regenerated areas: a systematic review," *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.*, vol. 41, pp. 847–852, July 2012.
- [63] C. Dahlin, A. Linde, J. Gottlow, and S. Nyman, "Healing of bone defects by guided tissue regeneration," *Plast. Reconstr. Surg.*, vol. 81, pp. 672–676, May 1988.
- [64] Y. Koyama, "Reconstruction of bone fenestration on mandibular by the guided bone regeneration methods with beta-TCP/PLGC membranes," *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, vol. 7, no. 3, pp. 859–861, 2007.

- [65] D. Schwartz-Arad and L. Levin, "Intraoral autogenous block onlay bone grafting for extensive reconstruction of atrophic maxillary alveolar ridges," *J. Periodontol.*, vol. 76, pp. 636–641, Apr. 2005.
- [66] S. Kothiwale, R. Bhimani, M. Kaderi, and J. Ajbani, "Comparative study of DFDBA and FDBA block grafts in combination with chorion membrane for the treatment of periodontal intra-bony defects at 12 months post surgery," *Cell Tissue Bank.*, Feb. 2019.
- [67] L. Levin, D. Nitzan, and D. Schwartz-Arad, "Success of dental implants placed in intraoral block bone grafts," *J. Periodontol.*, vol. 78, pp. 18–21, Jan. 2007.
- [68] A. Barone and U. Covani, "Maxillary alveolar ridge reconstruction with nonvascularized autogenous block bone: clinical results," *J. Oral Maxillofac. Surg.*, vol. 65, pp. 2039–2046, Oct. 2007.
- [69] A. Aloy-Prósper, D. Peñarrocha-Oltra, M. Peñarrocha-Diago, and M. Peñarrocha-Diago, "The outcome of intraoral onlay block bone grafts on alveolar ridge augmentations: a systematic review," *Med. Oral Patol. Oral Cir. Bucal*, vol. 20, pp. e251–8, Mar. 2015.
- [70] L. Clayman, "Implant reconstruction of the bone-grafted maxilla: review of the literature and presentation of 8 cases," *J. Oral Maxillofac. Surg.*, vol. 64, pp. 674–682, Apr. 2006.
- [71] J. Wang, Y. Luo, Y. Qu, and Y. Man, "Horizontal ridge augmentation in the anterior maxilla with in situ onlay bone grafting: a retrospective cohort study," *Clin. Oral Investig.*, vol. 26, pp. 5893–5908, Sept. 2022.
- [72] P. Donkiewicz, K. Benz, A. Kloss-Brandstätter, and J. Jackowski, "Survival rates of dental implants in autogenous and allogeneic bone blocks: A systematic review," *Medicina (Kaunas)*, vol. 57, p. 1388, Dec. 2021.
- [73] A. Sakkas, F. Wilde, M. Heufelder, K. Winter, and A. Schramm, "Autogenous bone grafts in oral implantology-is it still a "gold standard"? a consecutive review of 279 patients with 456 clinical procedures," *Int. J. Implant Dent.*, vol. 3, p. 23, Dec. 2017.
- [74] T. J. Cypher and J. P. Grossman, "Biological principles of bone graft healing," *J. Foot Ankle Surg.*, vol. 35, pp. 413–417, Sept. 1996.
- [75] F. S. Salmen, M. R. Oliveira, M. A. C. Gabrielli, A. C. G. Piveta, V. A. Pereira Filho, and M. F. R. Gabrielli, "Bone grafting for alveolar ridge reconstruction. review of 166 cases," *Rev. Col. Bras. Cir.*, vol. 44, pp. 33–40, Feb. 2017.

- [76] F. S. Salmen, M. R. Oliveira, M. A. C. Gabrielli, A. C. G. Piveta, V. A. Pereira Filho, and M. F. R. Gabrielli, "Bone grafting for alveolar ridge reconstruction. review of 166 cases," *Rev. Col. Bras. Cir.*, vol. 44, pp. 33–40, Feb. 2017.
- [77] S. Kandhari, S. Khalid, A. James, and D. P. Laverty, "Bone grafting techniques and materials for implant dentistry," *Br. Dent. J.*, vol. 235, pp. 180–189, Aug. 2023.
- [78] Chandni and V. Kumar, "Role of bone grafts in implant surgery: A review," *Int. Health. Res. J.*, vol. 5, pp. RV1–RV5, Nov. 2021.
- [79] L. M. d. Anjos, A. d. O. Rocha, T. O. Lima, R. d. M. d. A. Santos, M. d. N. O. Rocha, N. S. Mene-ses Júnior, M. A. d. Oliveira, M. V. S. Reis, A. E. S. d. Melo, and P. J. A. Cruz, "Enxertos ósseos em odontologia – uma revisão integrativa da literatura," *Res. Soc. Dev.*, vol. 10, p. e522101220954, Sept. 2021.
- [80] A. Sakkas, F. Wilde, M. Heufelder, K. Winter, and A. Schramm, "Autogenous bone grafts in oral implantology-is it still a "gold standard"? a consecutive review of 279 patients with 456 clinical procedures," *Int. J. Implant Dent.*, vol. 3, p. 23, Dec. 2017.
- [81] Y.-H. Kang, H.-M. Kim, J.-H. Byun, U.-K. Kim, I.-Y. Sung, Y.-C. Cho, and B.-W. Park, "Stability of simultaneously placed dental implants with autologous bone grafts harvested from the iliac crest or intraoral jaw bone," *BMC Oral Health*, vol. 15, p. 172, Dec. 2015.
- [82] A. Carlsen, A. Gorst-Rasmussen, and T. Jensen, "Donor site morbidity associated with autogenous bone harvesting from the ascending mandibular ramus," *Implant Dent.*, vol. 22, pp. 503–506, Oct. 2013.
- [83] M. Santagata, G. Tartaro, U. Tozzi, S. D'Amato, and R. E. Prisco, "Autologous bone graft harvested during implant site preparation: histological study," *Plast. Aesthet. Res.*, vol. 1, no. 3, p. 94, 2014.
- [84] T. Starch-Jensen, D. Deluiz, J. Vitenson, N. H. Bruun, and E. M. B. Tinoco, "Maxillary sinus floor augmentation with autogenous bone graft compared with a composite grafting material or bone substitute alone: A systematic review and meta-analysis assessing volumetric stability of the grafting material," *J. Oral Maxillofac. Res.*, vol. 12, p. e1, Jan. 2021.
- [85] A. Sakkas, F. Wilde, M. Heufelder, K. Winter, and A. Schramm, "Autogenous bone grafts in oral implantology-is it still a "gold standard"? a consecutive review of 279 patients with 456 clinical procedures," *Int. J. Implant Dent.*, vol. 3, p. 23, Dec. 2017.



- [86] M. Arasawa, Y. Oda, T. Kobayashi, K. Uoshima, H. Nishiyama, H. Hoshina, and C. Saito, "Evaluation of bone volume changes after sinus floor augmentation with autogenous bone grafts," *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.*, vol. 41, pp. 853–857, July 2012.
- [87] M. G. Sghaireen, D. Shrivastava, M. O. Alnusayri, A. D. Alahmari, A. M. Aldajani, K. C. Srivastava, and M. K. Alam, "Bone grafts in dental implant management: A narrative review," *Curr. Pediatr. Rev.*, vol. 19, no. 1, pp. 15–20, 2022.
- [88] V. V. Dam, H. A. Trinh, D. Rokaya, and D. H. Trinh, "Bone augmentation for implant placement: Recent advances," *Int. J. Dent.*, vol. 2022, p. 8900940, Mar. 2022.
- [89] R. Kolerman, N. Qahaz, E. Barnea, E. Mijiritsky, L. Chaushu, H. Tal, and J. Nissan, "Allograft and collagen membrane augmentation procedures preserve the bone level around implants after immediate placement and restoration," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 17, p. 1133, Feb. 2020.
- [90] K. Jang, J.-H. Lee, S.-H. Oh, B.-D. Ham, S.-M. Chung, J. K. Lee, and J.-K. Ku, "Bone graft materials for current implant dentistry," *J Dent Implant Res*, vol. 39, pp. 1–10, Mar. 2020.
- [91] A. E. Rodriguez and H. Nowzari, "The long-term risks and complications of bovine-derived xenografts: A case series," *J. Indian Soc. Periodontol.*, vol. 23, pp. 487–492, Sept. 2019.
- [92] M. Goutam, N. Batra, K. Jyothirmayee, N. Bagrecha, P. Deshmukh, and S. Malik, "A comparison of xenograft graft material and synthetic bioactive glass allograft in immediate dental implant patients," *J. Pharm. Bioallied Sci.*, vol. 14, pp. S980–S982, July 2022.
- [93] A. Mordenfeld, T. Albrektsson, and M. Hallman, "A 10-year clinical and radiographic study of implants placed after maxillary sinus floor augmentation with an 80:20 mixture of deproteinized bovine bone and autogenous bone," *Clin. Implant Dent. Relat. Res.*, vol. 16, pp. 435–446, June 2014.
- [94] M. Ayna, Y. Açil, and A. Gulses, "Fate of a bovine-derived xenograft in maxillary sinus floor elevation after 14 years: Histologic and radiologic analysis," *Int. J. Periodontics Restorative Dent.*, vol. 35, pp. 541–547, July 2015.
- [95] T. Jensen, S. Schou, A. Stavropoulos, H. Terheyden, and P. Holmstrup, "Maxillary sinus floor augmentation with Bio-Oss or Bio-Oss mixed with autogenous bone as graft: a systematic review," *Clin. Oral Implants Res.*, vol. 23, pp. 263–273, Mar. 2012.

- [96] T. Jensen, S. Schou, P. A. Svendsen, J. L. Forman, H. J. G. Gundersen, H. Terheyden, and P. Holms-trup, "Volumetric changes of the graft after maxillary sinus floor augmentation with Bio-Oss and autogenous bone in different ratios: a radiographic study in minipigs," *Clin. Oral Implants Res.*, vol. 23, pp. 902–910, Aug. 2012.
- [97] L.-C. Chang, "Comparison of clinical parameters in dental implant therapy between implant site development using porcine- and bovine-derived xenografts," *Technologies (Basel)*, vol. 9, p. 72, Oct. 2021.
- [98] J. Jose, D. Daniel, V. Shetty, A. Kumar, B. S. Santosh, and S. P. Saikrupa, "The efficacy of synthetic allograft and bioresorbable xenograft in immediate implant procedures: A comparative clinical study," *J. Dent. Implant.*, vol. 10, no. 2, p. 93, 2020.
- [99] S. N. Papageorgiou, P. N. Papageorgiou, J. Deschner, and W. Götz, "Comparative effectiveness of natural and synthetic bone grafts in oral and maxillofacial surgery prior to insertion of dental implants: Systematic review and network meta-analysis of parallel and cluster randomized controlled trials," *J. Dent.*, vol. 48, pp. 1–8, May 2016.
- [100] Z. Sheikh, N. Hamdan, Y. Ikeda, M. Grynypas, B. Ganss, and M. Glogauer, "Natural graft tissues and synthetic biomaterials for periodontal and alveolar bone reconstructive applications: a review," *Biomater. Res.*, vol. 21, p. 9, June 2017.
- [101] M. P. Ferraz, "Bone grafts in dental medicine: An overview of autografts, allografts and synthetic materials," *Materials (Basel)*, vol. 16, May 2023.
- [102] Y.-K. Kim, J. Lee, J.-Y. Yun, P.-Y. Yun, and I.-W. Um, "Comparison of autogenous tooth bone graft and synthetic bone graft materials used for bone resorption around implants after crestal approach sinus lifting: a retrospective study," *J. Periodontal Implant Sci.*, vol. 44, pp. 216–221, Oct. 2014.
- [103] S. E. Martini, Timmons, and Tallitsch, *ANATOMIA HUMANA*. 6th ed., 2009.
- [104] M. Atkinson, *Anatomy for dental students*. Oxford University Press, 4th ed., 2012.
- [105] D. Dalgorf and K. Higgins, "Reconstruction of the midface and maxilla," *Curr. Opin. Otolaryngol. Head Neck Surg.*, vol. 16, pp. 303–311, Aug. 2008.
- [106] L. F. Rodella, B. Buffoli, M. Labanca, and R. Rezzani, "A review of the mandibular and maxillary nerve supplies and their clinical relevance," *Arch. Oral Biol.*, vol. 57, pp. 323–334, Apr. 2012.

- [107] P. Friedrich and W. Jens, *Sobotta - Atlas Anatomia Humana*. 24<sup>a</sup> ed., 1 2018.
- [108] M. Sadrameli and M. Mupparapu, "Oral and maxillofacial anatomy," *Radiol. Clin. North Am.*, vol. 56, pp. 13–29, Jan. 2018.
- [109] G. J. Tortora and B. Derrickson, *Princípios de Anatomia e Fisiologia*. Guanabara Koogan, 14th ed., 2014.
- [110] Martini and Nath, *Fundamentals of Anatomy and Physiology*. Global Edition, 11th ed., 2018.
- [111] B. Bentsianov and A. Blitzer, "Facial anatomy," *Clin. Dermatol.*, vol. 22, pp. 3–13, Jan. 2004.
- [112] F. H. Netter, "Atlas de anatomia humana," 2000.
- [113] K. S. Traylor and B. F. Branstetter, 4th, "Cranial nerve anatomy," *Neuroimaging Clin. N. Am.*, vol. 32, pp. 565–576, Aug. 2022.
- [114] D. K. Binder, D. C. Sonne, and N. J. Fischbein, "Cranial nerves: Anatomy, pathology, imaging."
- [115] W. Joo, F. Yoshioka, T. Funaki, K. Mizokami, and A. L. Rhoton, Jr, "Microsurgical anatomy of the trigeminal nerve," *Clin. Anat.*, vol. 27, pp. 61–88, Jan. 2014.
- [116] A. Borges and J. Casselman, "Imaging the trigeminal nerve," *Eur. J. Radiol.*, vol. 74, pp. 323–340, May 2010.
- [117] N. Pazhaniappan, "Overview of the distribution of the trigeminal nerve and its terminal branches," 2022.
- [118] J. Hupp, M. Tucker, and E. Ellis, "Contemporary oral and maxillofacial surgery 7th edition (2018)."
- [119] R. J. H. Logjes, R. L. A. W. Bleys, and C. C. Breugem, "The innervation of the soft palate muscles involved in cleft palate: a review of the literature," *Clin. Oral Investig.*, vol. 20, pp. 895–901, June 2016.
- [120] L. F. J. and S. R.K., *Oral Cavity: Anatomy and Pathology*.
- [121] L. Pereira, F. de Souza Bastos, and L. P. Barra, "Parameterized three-dimensional geometric modeling of human dental arch computational and experimental biomechanics view project thermo-hydro-mechanical modeling of concrete view project," 2011.

- [122] R. Santos and L. Barra, "Parameterized three-dimensional geometric modeling of human dental arch,"
- [123] "Tooth eruption," *J. Am. Dent. Assoc.*, vol. 137, p. 127, Jan. 2006.
- [124] U. Author, "Arcada dental." <https://www.roteirosdepediatria.com/>, 2. Accessed: june 2023.
- [125] M. A. Husain, "Dental anatomy and nomenclature for the radiologist," *Radiol. Clin. North Am.*, vol. 56, pp. 1–11, Jan. 2018.
- [126] R. S. Lacruz, S. Habelitz, J. T. Wright, and M. L. Paine, "Dental enamel formation and implications for oral health and disease," *Physiol. Rev.*, vol. 97, pp. 939–993, July 2017.
- [127] E. Beniash, C. A. Stifler, C.-Y. Sun, G. S. Jung, Z. Qin, M. J. Buehler, and P. U. P. A. Gilbert, "The hidden structure of human enamel," *Nat. Commun.*, vol. 10, p. 4383, Sept. 2019.
- [128] L. Zhu and W. Li, "Tooth enamel."
- [129] J. Ivancik and D. D. Arola, "The importance of microstructural variations on the fracture toughness of human dentin," *Biomaterials*, vol. 34, pp. 864–874, Jan. 2013.
- [130] J. H. Kinney, S. J. Marshall, and G. W. Marshall, "The mechanical properties of human dentin: a critical review and re-evaluation of the dental literature," *Crit. Rev. Oral Biol. Med.*, vol. 14, no. 1, pp. 13–29, 2003.
- [131] M. Goldberg, "Dentin structure composition and mineralization," *Front. Biosci. (Elite Ed.)*, vol. E3, no. 2, pp. 711–735, 2011.
- [132] H. J. Van Hassel, "Physiology of the human dental pulp," *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.*, vol. 32, pp. 126–134, July 1971.
- [133] T. Yamamoto, T. Hasegawa, T. Yamamoto, H. Hongo, and N. Amizuka, "Histology of human cementum: Its structure, function, and development," *Jpn. Dent. Sci. Rev.*, vol. 52, pp. 63–74, Aug. 2016.
- [134] D. D. Bosshardt and K. A. Selvig, "Dental cementum: the dynamic tissue covering of the root," *Periodontol. 2000*, vol. 13, pp. 41–75, Feb. 1997.

- [135] S. Nelson, *Wheeler's Dental Anatomy, Physiology and Occlusion: 1st SAE - E-book*. Elsevier Health Sciences, 2015.
- [136] S. Y. Tan and P. S. Poole, "Allan macleod cormack (1924-1998): Discoverer of computerised axial tomography," *Singapore medical journal*, vol. 61, pp. 4–5, 1 2020.
- [137] S. P. Power, F. Moloney, M. Twomey, K. James, O. J. O'Connor, and M. M. Maher, "Computed tomography and patient risk: Facts, perceptions and uncertainties," *World Journal of Radiology*, vol. 8, p. 902, 2016.
- [138] L. Romans, *Computed Tomography for Technologists*. 11th ed., 2011.
- [139] Z. T. Al-Sharify, T. A. Al-Sharify, N. T. Al-Sharify, and H. Y. Naser, "A critical review on medical imaging techniques (ct and pet scans) in the medical field," vol. 870, Institute of Physics Publishing, 7 2020.
- [140] A. F. Alahmari, "Cold ct scanner rooms: A simple solution for the patient comfort and for hypothermia cases the accuracy of mta grading system in ad patients. view project," 2022.
- [141] G. van Kaick and S. Delorme, "Computed tomography in various fields outside medicine," *European Radiology Supplements*, vol. 15, pp. d74–d81, 11 2005.
- [142] R. J. Haaga and T. D. Boll, *CT and MRI of the Whole Body*, vol. I. 6th ed., 2009.
- [143] *Computed Tomography principles, Design, Artifacts, and Recent Advances. 2nd ed.*
- [144] K. Santos, C. Costa, and J. Oliveira, *Tomografia computadorizada*.
- [145] N. S. de Andrade, A. Andrade-Neto, T. Lemaire, and J. Cruz, "Investigação teórica e experimental do efeito termiônico," *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 35, pp. 01–06, 3 2013.
- [146] N. Adaloglou, "Introduction to medical image processing with python: Ct lung and vessel segmentation without labels," 2023.
- [147] D. P. Sousa, "Sala tc." <https://www.saudebemestar.pt/pt/exame/imagiologia/tc/>, 2019. Accessed: out 2023.
- [148] R. Booij, R. P. Budde, M. L. Dijkshoorn, and M. van Straten, "Accuracy of automated patient positioning in ct using a 3d camera for body contour detection," *European Radiology*, vol. 29, pp. 2079–2088, 4 2019.
- [149] L. AVIC Spinstar Techonology Co., "Catálogo avic spinstar techonology co.,ltd.," 2023.

- [150] "The essential physics of medical imaging (2nd edition),"
- [151] N. Nadella and A. M. Khounsary, "X-ray tube thermal management," p. 95900H, 9 2015.
- [152] R. Cierniak, "X-ray computed tomography in biomedical engineering."
- [153] O. Embréus, A. Stahl, and T. Fülöp, "Effect of bremsstrahlung radiation emission on fast electrons in plasmas," *New Journal of Physics*, vol. 18, p. 093023, 9 2016.
- [154] V. Camargo Nardelli, *MELHORIA DO DESEMPENHO METROLÓGICO DA TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA POR RAIOS X POR MEIO DA SELEÇÃO SISTEMÁTICA DOS PARÂMETROS DE CONFIGURAÇÃO*. PhD thesis, 07 2012.
- [155] H. Silva, E. Sigua-Rodriguez, and M. Moraes, "Surgical treatment of cementoblastoma in maxillary associated on dentofacial deformity," *Oral and Maxillofacial Surgery Cases*, vol. 5, 10 2018.
- [156] A. Murphy and B. Di Muzio, *Maximum intensity projection*. Radiopaedia.org, Aug. 2011.
- [157] D. Ney, E. Fishman, D. Magid, and R. Drebin, "Volumetric rendering of computed tomography data: principles and techniques," *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol. 10, no. 2, pp. 24–32, 1990.







