



Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra  
Mestrado Integrado em Medicina Dentária

**Métodos complementares de diagnóstico imagiológico  
utilizados em Ortodontia: Visão atual**

Aluno: António Nascimento

Orientador: Prof. Doutora Sónia Alves

Coorientador: Prof. Doutor Francisco do Vale

**Coimbra  
2015**



## **Métodos complementares de diagnóstico imagiológico utilizados em Ortodontia: Visão atual**

Nascimento A<sup>1</sup>, Vale F<sup>2</sup>, Alves S<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Aluno do 5º ano do Mestrado Integrado em Medicina Dentária da FMUC

<sup>2</sup>DMD, MSc, PhD, Professor da Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra

Área de Medicina Dentária, FMUC, Coimbra - Portugal

Avenida Bissaya Barreto, Blocos de Celas

3000-075 Coimbra

Tel.: +351 239 484 183

Fax.: +351 239 402 910

Endereço eletrónico: [amiguelcnascimento@gmail.com](mailto:amiguelcnascimento@gmail.com)

## Resumo

A imagiologia sofreu uma grande evolução desde que foram descobertos os raios X até à atualidade.

Neste trabalho pretende-se abordar a evolução da radiologia a nível geral e o seu contributo para a Medicina Dentária. Irão ser abordados vários exames imagiológicos de interesse para o diagnóstico ortodôntico, tais como: a radiografia periapical, a ortopantomografia, a telerradiografia de perfil da face, a radiografia da mão e punho, a cintigrafia óssea, a ressonância magnética, a tomografia axial computadorizada e a tomografia computadorizada de feixe cónico.

Os exames complementares radiográficos, têm indicações específicas que devem ser baseadas num criterioso exame clínico e na análise do seu custo/benefício; O princípio de ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*) deve ser seguido dado os efeitos prejudiciais da exposição à radiação ionizante. Os Médicos Dentistas devem seguir normas padronizadas já existentes, que constituem uma preciosa ajuda na seleção do exame imagiológico a utilizar.

A utilização de novas tecnologias, o desenvolvimento da Imagiologia Digital para a realização das técnicas radiográficas convencionais e o aparecimento da tomografia computadorizada de feixe cónico com a possibilidade de utilização da cefalometria 3D representam uma elevação da qualidade do diagnóstico e planeamento do tratamento ortodôntico.

O objetivo desta revisão é a abordagem dos vários exames imagiológicos de diagnóstico que podem ter utilidade em Ortodontia, identificando a sua importância quando aplicados em situações específicas.

**Palavras-chave:** "Ortodontia", "Imagiologia", "Radiografia", "Raios-X", "Tomografia"

### **Abstract**

Imaging has undergone a major evolution since X-rays has been discovered to the present days.

This work intends to address the evolution of radiology at a general level and their contribution to dentistry. There'll be addressed various imaging tests of interest for orthodontic diagnosis, such as the periapical radiography, the panoramic radiography, the lateral cephalometric radiography, the hand and wrist X-ray, the bone scintigraphy, the magnetic resonance, the computed tomography and the cone beam computed tomography.

Radiographic tests have specific information that must be based on a careful clinical examination and analysis of their cost/benefit; The ALARA principle (As Low As Reasonably Achievable) should be followed given the harmful effects of exposure to ionizing radiation. Dentists should follow existent standardized guidelines, which are a precious help in the selection of the imaging exam to use.

The use of new technology, the development of digital imaging for carrying out the conventional radiographic techniques and the onset of cone beam CT with the possibility of using the 3D cephalometric represent a high quality orthodontic diagnosis and treatment planning.

The purpose of this review is to explore the various diagnostic imaging procedures that can be useful in orthodontics, identifying its importance when applied in specific situations.

**Keywords:** "Orthodontics", "Imaging", "Radiography", "X-Rays", "Thomography"

**Índice geral**

Resumo.....	iii
Abstract.....	iv
Índice geral .....	v
Índice de figuras.....	vi
Índice de tabelas.....	vii
Lista de abreviaturas .....	viii
1. Introdução.....	1
2. Radiação.....	3
2.1. Radiação não ionizante.....	3
2.2. Radiação ionizante.....	3
2.2.1. Radiação natural vs. Radiação artificial.....	4
3. Contextualização histórica da radiologia em Medicina Dentária.....	5
4. Técnicas imagiológicas usadas no diagnóstico ortodôntico .....	7
4.1. Imagiologia no diagnóstico dos tecidos duros .....	7
4.1.1. Radiografia periapical .....	7
4.1.2. Radiografia panorâmica.....	8
4.1.3. Radiografia da mão e do punho .....	9
4.1.4. Telerradiografia de perfil da face .....	11
4.1.4.1. Cefalometria .....	12
4.1.4.2. Vértebras Cervicais .....	13
4.1.5. Tomografia.....	15
4.1.5.1. Tomografia axial computadorizada .....	15
4.1.5.2. Tomografia computadorizada de feixe cónico.....	16
4.1.5.2.1. Técnica de aquisição de imagem.....	16
4.1.5.2.2. Aplicações da TCFC em Ortodontia.....	19
4.1.5.2.3. Dose de radiação e qualidade de imagem.....	21
4.1.5.2.4. Orientações da Comissão Europeia para o uso de TCFC....	22
4.2. Imagiologia no diagnóstico dos tecidos moles.....	24
4.2.1. Ressonância magnética.....	24
4.3. Imagiologia nuclear .....	25
4.3.1. Cintigrafia óssea .....	25
5. Princípios da proteção contra a radiação .....	26
6. Conclusão.....	27
7. Agradecimentos.....	28
8. Bibliografia .....	29

**Índice de figuras**

<b>Figura 1:</b> Comparação de comprimento de onda e a frequência para o espectro eletromagnético.....	3
<b>Figura 2:</b> Gráfico que ilustra as fontes de exposição à radiação nos EUA (NCRP 2009) .....	5
<b>Figura 3:</b> Primeira radiografia da história – mão de Anna Bertha, esposa de Röntgen .....	6
<b>Figura 4:</b> Primeira radiografia dentária efectuada pelo Dr. Walkhoff .....	7
<b>Figura 5:</b> Classificação da maturação esquelética de Grave & Brown e curva de crescimento de Bjork & Helm.....	11
<b>Figura 6:</b> Representação esquemática dos estágios das vertebra cervicais de acordo com o método de Baccetti et al.....	14
<b>Figura 7:</b> Diagrama representativo da técnica de captura de imagem dos dispositivos de TAC .....	15
<b>Figura 8:</b> Diagrama representativo da técnica de captura de imagem dos dispositivos de TCFC .....	17

**Índice de tabelas**

<b>Tabela I:</b> Indicadores de maturidade esquelética da mão e punho de acordo com o método de Grave e Brown.....	11
<b>Tabela II:</b> Estádios de maturação das vértebras cervicais de acordo com o método de Baccetti <i>et al.</i> ....	14
<b>Tabela III:</b> Tabela que compara a TAC com a TCFC .....	19
<b>Tabela IV:</b> Dose efetiva de técnicas radiográficas convencionais, TCFC e TAC em $\mu\text{Sv}$ . O intervalo da dose efetiva e valores médios (entre parênteses) da TCFC em $\mu\text{Sv}$ (de acordo com os quadros da comissão europeia em 2012) .....	22
<b>Tabela V:</b> Recomendações para o uso TCFC em ortodontia de acordo com as diretrizes europeias SedentexCT (2012) .....	23
<b>Tabela VI:</b> Princípios básicos para o uso da TCFC.....	23

### **Lista de abreviaturas**

**2D:** Bidimensional

**3D:** Tridimensional

**ALARA:** As Low As Reasonably Achievable

**ATM:** Articulação Temporomandibular

**CO:** Cintigrafia Óssea

**FOV:** Field of View

**ICRP:** International Commission on Radiological Protection

**RM:** Ressonância Magnética

**SEDEXCT:** Safety And Efficacy Of A New And Emerging Dental X-Ray Modality

**TAC:** Tomografia Computorizada Médica

**TCFC:** Tomografia Computorizada de Feixe Cónico

## 1. Introdução

A população humana está continuamente exposta a radiação ionizante e não ionizante, de origem natural (rochas, solos, cósmica, etc.) e de origem artificial (procedimentos médicos, centrais nucleares, etc.).<sup>1-3</sup>

A radiação ionizante é desde há muito tempo considerada um perigo ambiental e ocupacional. Os seus efeitos biológicos adversos são perfeitamente conhecidos.<sup>1-4</sup>

Paradoxalmente, em simultâneo com o avanço do conhecimento sobre os efeitos indesejáveis da radiação, tem-se verificado um aumento do nível de exposição à radiação artificial, especialmente para fins médicos. A utilização de radiação ionizante na Medicina (radiografia, fluoroscopia, tomografia computadorizada, cintigrafia, radioterapia) é perfeitamente justificada desde que seja utilizada de forma criteriosa, dado que os benefícios clínicos que proporciona compensam largamente os riscos.<sup>4</sup>

Os meios de diagnóstico são instrumentos necessários para a realização de um adequado plano de tratamento, e para a sua concretização com sucesso em qualquer área da saúde.<sup>4</sup>

A ortodontia na sua fase inicial utilizava modelos de gesso e fotografias a preto e branco para a realização do diagnóstico e planeamento dos casos clínicos.

A imagiologia é a especialidade médica que, provavelmente, mais se relaciona com as outras disciplinas dentro da Medicina Dentária, sendo um instrumento essencial para o diagnóstico, planeamento e acompanhamento no tratamento das doenças da cavidade oral.

A descoberta dos raios X por Roentgen (1895) teve influência direta na evolução da Medicina, dado que possibilitou o estudo das estruturas ósseas do corpo humano antes não observadas. Com esta descoberta foi possível o desenvolvimento do diagnóstico médico por imagem utilizando aparelhos de raios X, sendo inicialmente desenvolvido na área da Medicina Dentária o aparelho panorâmico por Bocage (1922).<sup>2,3,5</sup>

Com a utilização dos raios X panorâmicos os ortodontistas puderam ampliar os seus horizontes em relação ao diagnóstico, conseguindo visualizar os dentes, os ossos, as estruturas anatómicas e algumas patologias associadas à região maxilofacial.<sup>6,7</sup>

A telerradiografia de perfil da face foi introduzida por Broadbent nos EUA (1931) e a partir deste exame surgiu a cefalometria, que possibilitou aos ortodontistas a realização de avaliações do perfil ósseo e dos tecidos moles, das inclinações dentárias e dos padrões faciais. Foi um passo importante no avanço científico da ortodontia.<sup>6,8</sup>

A determinação do grau de maturação esquelética através da análise radiográfica da mão e punho tem sido um método muito utilizado, e já padronizado, na previsão do período de crescimento pubertário e da quantidade de crescimento remanescente.<sup>9</sup>

A partir da pesquisa de Lamparski (1972), que observou mudanças no tamanho e na forma das vértebras cervicais em telerradiografias de perfil da face, foi desenvolvido um novo método de estudo da maturação esquelética que evita uma exposição extra à radiação, tendo

em vista que esta radiografia já faz parte da documentação necessária à realização do tratamento ortodôntico.<sup>10</sup>

Com o começo da radiografia digital a utilização de substâncias químicas reveladoras e fixadoras para o processamento é dispensada, sendo todo o trabalho das imagens realizado por computadores. Estas radiografias têm inúmeras vantagens dado que permitem a obtenção de imagens mais nítidas facilitando a visualização das estruturas, diminuem o tempo despendido na obtenção das radiografias, facilitam o seu armazenamento em consultório, reduzem consideravelmente a dose de radiação e podem ser utilizadas via informática.<sup>11</sup>

A tomografia médica foi desenvolvida no início da década de 70, pelo engenheiro inglês Hounsfield e pelo físico norte-americano Cormack e valeu-lhes o prémio nobel da Medicina em 1979. Este exame aumentou a precisão do diagnóstico médico devido à qualidade e detalhes das imagens obtidas.<sup>5</sup> Em Medicina Dentária solicitava-se pontualmente este exame quando era necessário visualizar alguma estrutura de forma muito precisa e as suas únicas desvantagens passam pelos elevados custos e doses de radiação aplicada.<sup>11,12</sup>

A chegada da tomografia computadorizada de feixe cónico (TCFC) representa o desenvolvimento de um dispositivo relativamente pequeno e de menor custo, especialmente indicado para a região maxilofacial. O desenvolvimento desta nova tecnologia fornece à Medicina Dentária a reprodução da imagem 3D dos tecidos mineralizados maxilofaciais, com mínima distorção e dose de radiação significativamente reduzida em comparação com a tomografia computadorizada médica (TAC).<sup>11</sup>

Com o avanço tecnológico da imagiologia, computação gráfica e engenharia eletrónica surgiu a ressonância magnética, um método de diagnóstico por imagem que não utiliza radiação e permite reproduzir imagens de alta definição dos órgãos do corpo humano. A ressonância magnética, em ortodontia, pode ter particular interesse nos pacientes com sintomas de disfunção da articulação temporomandibular (ATM).<sup>13</sup>

O objetivo deste estudo de revisão bibliográfica é a abordagem dos vários exames imagiológicos de diagnóstico que podem ter utilidade em Ortodontia, identificando as suas vantagens e desvantagens e a sua importância quando aplicados nas situações específicas para as quais têm indicação. Pretende-se também apresentar as diretrizes desenvolvidas por entidades de referência da área, com o objetivo de fornecer as bases teóricas e orientações aos médicos dentistas para o correto uso destas novas tecnologias.

## 2. Radiação

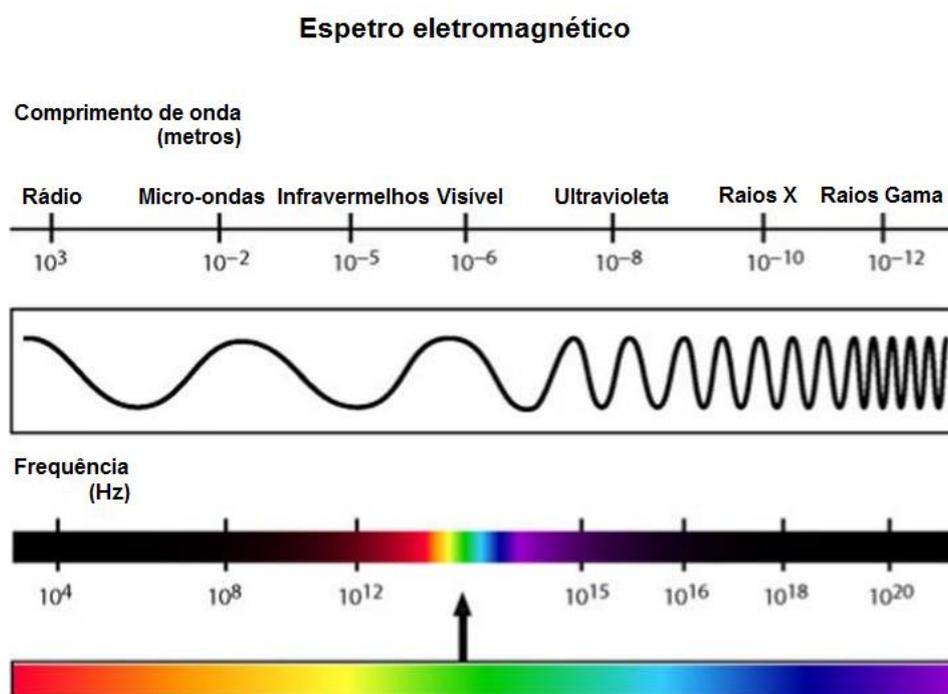
A radiação é uma forma de energia transmitida através do ar. De acordo com sua maneira de interagir com a matéria pode ser dividida em radiação não ionizante e radiação ionizante. Há muitos tipos de radiação com que nos deparamos frequentemente no dia-a-dia, tais como o calor, a luz, as ondas de rádio, as micro-ondas e os raios X.<sup>1,4</sup>

### 2.1. Radiação não ionizante

A radiação não ionizante é o tipo de radiação que não tem energia suficiente para ionizar os átomos e/ou as moléculas com as quais interage.<sup>4</sup>

Normalmente, a radiação não ionizante é eletromagnética. Os diferentes tipos de radiação eletromagnética caracterizam-se pela frequência, comprimento de onda e nível energético, produzindo assim diferentes efeitos físicos e biológicos. Uma das mais importantes características desta radiação é a sua frequência, cuja escala é muito grande.<sup>4</sup>

No espectro eletromagnético a radiação não ionizante inclui: a radiação ultravioleta, luz visível, infravermelho, micro-ondas e ondas de rádio (Figura 1).



**Figura 1:** Comparação de comprimento de onda e a frequência para o espectro eletromagnético.<sup>3</sup> (Adaptado de: Donya M, *et al.* 2014: 438)

### 2.2. Radiação ionizante

A radiação ionizante é parte da energia radiante que os seres vivos trocam com o exterior, durante toda a sua existência. Estes recebem e, em menor escala, emitem as mais diversas formas de energia radiante, em consequência da sua atividade bioelétrica.<sup>2-4</sup>

Por definição, a radiação ionizante é a radiação capaz de, ao interagir, remover elétrons de um átomo ou de uma molécula. Mais especificamente, pode ser considerada como a energia que é transportada por qualquer um dos diversos tipos de partículas e radiação eletromagnética emitida por materiais radioativos, ampolas de raios X e reações nucleares. Esta energia retira elétrons dos átomos ou moléculas com os quais interage, criando íões ou moléculas ionizadas.<sup>4</sup>

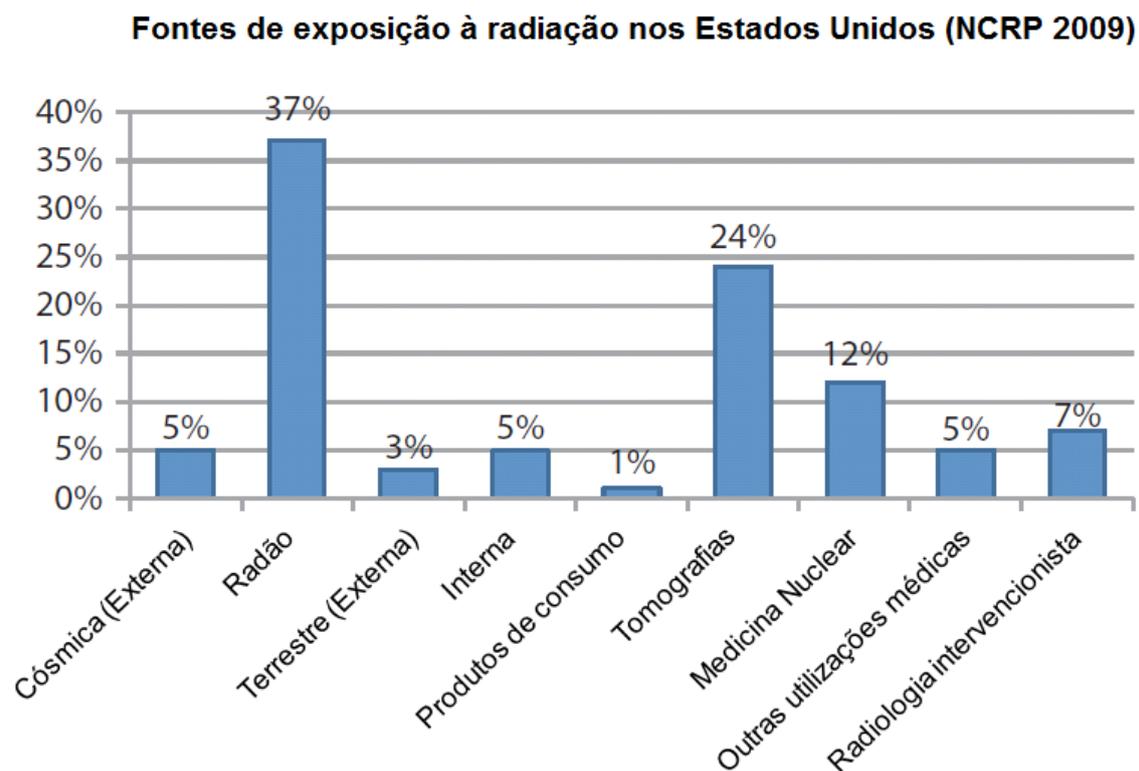
Assim, a radiação ionizante é caracterizada por ter energia superior à energia de ligação dos elétrons de um átomo ao seu núcleo, sendo a sua energia suficiente para arrancar elétrons dos seus níveis orbitais.

### 2.2.1. Radiação natural vs. Radiação artificial

A exposição à radiação ionizante está presente e intimamente ligada às atividades humanas. Estas radiações provêm de fontes radioativas naturais ou artificiais, as fontes de radiação natural podem ter a sua origem em fontes externas ou internas. Nas fontes externas temos, a radiação cósmica, assim como as radiações de origem terrestre provenientes dos elementos radioativos naturais. As fontes internas de radiação incluem os radionuclídeos presentes no corpo humano.<sup>1,3,4</sup> A figura 2, ilustra as fontes de exposição à radiação nos EUA.<sup>4</sup>

Toda a população que se encontra exposta à radiação natural, em maior ou menor grau. Para a maior parte da população, esta é a principal fonte de exposição à radiação. Apesar de, uma maneira geral, esta exposição não possuir um risco significativo, a verdade é que existem exceções. Como, por exemplo, algumas mutações genéticas e doenças malignas da população que podem ser atribuídas à radiação natural.

As atividades humanas que envolvem o uso de radiação e substâncias radioativas causam uma exposição adicional à exposição natural, denominada de exposição artificial. Essa exposição ocorre devido a uma série de atividades médicas, comerciais e industriais. O uso médico da radiação é a maior fonte de exposição a radiação artificial e inclui três áreas distintas, a radiologia, a radioterapia e a medicina nuclear. O aumento do uso médico da radiação, nomeadamente nos raios X e nas tomografias computadorizadas para diagnóstico, aumenta inevitavelmente as preocupações de risco para a saúde pública.<sup>3,4</sup>



**Figura 2:** Gráfico que ilustra as fontes de exposição à radiação nos EUA (NCRP 2009)<sup>3</sup> (Adaptado de: Donya M, *et al.* 2014: 443)

### 3. Contextualização histórica da radiologia em Medicina Dentária

A história da radiologia começa a 8 de Novembro de 1895, com a descoberta do raio X, quando o professor Wilhelm Conrad Röntgen, enquanto trabalhava no seu laboratório com raios catódicos decidiu alargar o seu estudo ao realizar a observação de como os raios catódicos se propagavam para fora do tubo “Crookes-Hittorf” o que só seria possível se o tubo fosse envolvido por um cartão preto e estivesse num ambiente escuro devido à sua intensa luminosidade.<sup>14-16</sup>

Ao passar a corrente elétrica pelo tubo de Crookes, notou luminescência numa placa de platinocianeto de bário que se encontrava sobre a mesa que estava demasiado afastada para conseguir reagir com os raios catódicos. Esta experiência foi repetida várias vezes à medida que se ia afastando cada vez mais a placa do tubo de descarga.<sup>14-16</sup>

Para testar esta conjectura, interpôs vários objetos entre o tubo e a placa e observou que, praticamente, nenhum alterava a luminescência desta última, exceto o chumbo e a platina, que a barravam totalmente. Ao segurar os materiais entre o tubo e a placa para testar os raios novos, viu os ossos da sua mão indicando claramente um esboço das partes moles. De seguida, substituiu a placa fluorescente por uma chapa fotográfica e conseguiu produzir uma imagem usando o tubo de Crookes como se fosse uma fonte luminosa. Estava, então, convencido de que

tinha descoberto uma nova forma de luz que os olhos eram incapazes de detetar e que não tinha sido observada ou registada até então.<sup>16</sup>

Passou as seis semanas seguintes no seu laboratório a fazer experiências, sem partilhar nada com os colegas.<sup>15</sup> Três dias antes do natal de 1895, levou a mulher, Bertha, ao seu local de trabalho de onde saíram algum tempo depois com uma fotografia dos ossos da mão de Bertha e do anel que ela usava num dos dedos.<sup>14</sup>

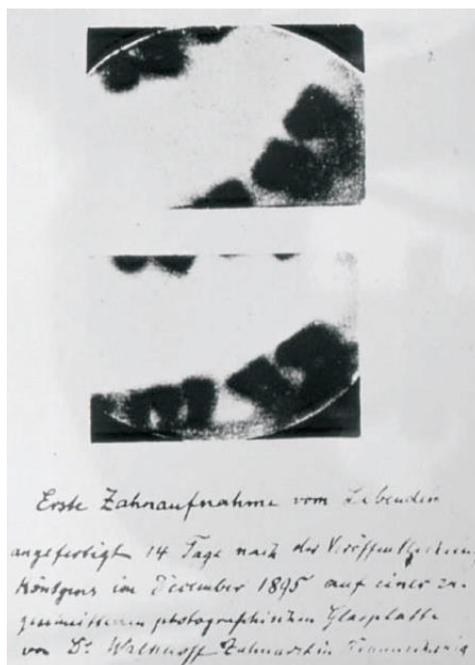


**Figura 3:** Primeira radiografia da história – mão de Anna Bertha, esposa de Röntgen<sup>16</sup>

A sociedade Físico-Médica de Würzburg foi a primeira a tomar conhecimento dos novos raios que podiam penetrar no corpo e permitiam que os ossos fossem fotografados. Esta comunicação foi-lhes apresentada por Röntgen a 28 de Dezembro de 1895. A 16 de Janeiro, o *New-York Times* anunciou a descoberta de uma forma nova de fotografia, que revelava sólidos escondidos, penetrava a madeira, papel, músculos e expunha os ossos do esqueleto.

Segundo este jornal “Os homens de ciência desta cidade aguardam, com grande impaciência, a chegada dos jornais técnicos ingleses, que deverão proporcionar um conhecimento aprofundado do método de fotografar corpos opacos, descoberto pelo prof. Röntgen”. Concluía a notícia dizendo que “... representava a transformação da cirurgia moderna, permitindo ao cirurgião detetar a presença de corpos estranhos.”<sup>15</sup>

Os médicos dentistas reconheceram muito rapidamente as vantagens deste meio de diagnóstico. Especialmente na cirurgia oral, foi alcançado um progresso significativo através destas novas possibilidades de um exame radiológico.<sup>16</sup> A primeira radiografia dentária da história foi realizada catorze dias depois da publicação de Röntgen, pelo Dr. Otto Walkhoff, em Braunschweig, que fez a primeira radiografia aos seus próprios dentes. Esta radiografia foi obtida utilizando uma placa de vidro envolvida em papel preto e num dique de borracha, a mesma foi feita na sua própria boca com um tempo de exposição de 25 minutos.<sup>14,16</sup>



**Figura 4:** Primeira radiografia dentária efectuada pelo Dr. Walkhoff<sup>16</sup>

Após tomar conhecimento da descoberta de Röntgen, Kells iniciou imediatamente experiências com a nova técnica na área da Medicina Dentária, tendo construído um laboratório em sua casa, onde trabalhava incansavelmente. Em Julho de 1896, Kells tornou-se o primeiro clínico no mundo a utilizar um aparelho de raios X no consultório.<sup>16</sup>

#### 4. Técnicas imagiológicas usadas no diagnóstico ortodôntico

##### 4.1. Imagiologia no diagnóstico dos tecidos duros

###### 4.1.1. Radiografia periapical

A radiografia periapical é uma técnica radiográfica intraoral que mostra os dentes individualmente evidenciando os tecidos à volta do ápice.<sup>7</sup> Cada película mostra dois a quatro dentes e fornece informação detalhada sobre o dente e o osso alveolar envolvente.<sup>6</sup>

As principais indicações da radiografia periapical incluem a avaliação de: infecção ou inflamação apical, estado periodontal, trauma dentário ou alveolar, presença e posição de dentes inclusos, morfologia radicular antes das extrações, procedimentos endodônticos a efetuar, fase pré e pós-operatória da cirurgia endodôntica, presença de quistos apicais e outras lesões envolvendo o osso alveolar e fase pós-operatória da colocação dos implantes.<sup>6,7</sup>

Dado que se trata de um exame intraoral, a sobreposição reduzida das estruturas anatómicas permite uma visualização direta dos dentes e do osso alveolar com menor interferência visual.

Na Ortodontia, a avaliação inicial do paciente recorrendo à utilização de radiografias periapicais é importante para uma visualização mais detalhada da morfologia radicular e crista alveolar, permitindo uma boa avaliação periodontal ao longo do tratamento. Isto é particularmente importante nos casos de história de patologia periodontal prévia ao tratamento ortodôntico, em que o *status* radiográfico deve ser efetuado na fase inicial e quando o ortodontista entender ser necessário efetuar uma reavaliação periodontal.<sup>17,18</sup>

A radiografia periapical também permite identificar eventuais reabsorções radiculares prévias ao tratamento e avaliar as reabsorções radiculares apicais externas que surjam durante o tratamento ortodôntico.<sup>17,18</sup> O grau de detalhe da imagem possibilita identificar as alterações dentárias e das estruturas periodontais mais ténues que passam despercebidas na radiografia panorâmica.<sup>19</sup> Em relação às técnicas tomográficas computadorizadas apresenta melhor relação custo-benefício, contudo, a TAC e a TCFC são indubitavelmente os exames que permitem avaliar estas situações com mais detalhe.<sup>18</sup>

A radiografia periapical possibilita uma imagem com mais pormenor e menor distorção, com um fator de ampliação habitualmente inferior a 5%.<sup>18</sup> Gher<sup>19</sup> avaliou o comprimento de um implante dentário, comparando as medições obtidas na radiografia periapical e na radiografia panorâmica e verificou uma precisão de cerca de 0,3 mm para a periapical e de 0,4 a 1,7 mm para a radiografia panorâmica. Contudo, se for efetuada na consulta ortodôntica, a radiografia periapical exigirá várias aquisições radiográficas de forma a abranger toda a dentição, com maior exposição a radiação, e não exclui a necessidade da obrigatória radiografia panorâmica inicial. Nos casos em que os ápices não são visualizáveis com precisão ou em que existam fatores que indiquem um risco acrescido de reabsorção radicular apical externa ou perda óssea vertical, as radiografias periapicais estão indicadas, ainda que como exame complementar à radiografia panorâmica.<sup>18</sup>

A maior exatidão das radiografias periapicais na medição da reabsorção radicular apical externa, conseguida pela técnica de paralelismo, não exclui algumas dificuldades e a sua acuidade já tem sido questionada, devido aos erros provocados pela variação na morfologia dentária.<sup>20</sup>

#### 4.1.2. Radiografia panorâmica

A radiografia panorâmica (também chamada de pantomografia) é uma técnica que produz uma única imagem tomográfica das estruturas faciais que inclui ambas as arcadas dentárias, maxilar e mandibular, e as suas estruturas de suporte. É uma variante curvilínea da tomografia convencional e também se baseia no princípio de movimento recíproco da fonte de raios X e de um recetor da imagem ao redor de um plano ou ponto central, denominado plano de corte, no qual se localiza o objeto de interesse. Objetos que se situem na frente ou atrás desse plano de corte não são visualizados de forma clara em proveito do seu movimento em relação ao centro de rotação do recetor e da fonte de raios X.<sup>21</sup>

Atualmente, a radiografia panorâmica é o exame complementar mais solicitado no exercício da Medicina Dentária<sup>22</sup>, fornecendo informações sobre o diagnóstico dentário, as inclinações axiais dos dentes e as estruturas envolventes.<sup>23</sup> Esta radiografia permite a representação radiográfica de todos os dentes, do osso alveolar, da maxila, da mandíbula, da ATM, dos seios maxilares, do septo nasal, dos cornetos nasais e de outros ossos da face.<sup>24</sup>

As indicações principais da radiografia panorâmica incluem a avaliação: de lesões periapicais ou dentes inclusos não observados nas radiografias periapicais, da fase precedente a uma cirurgia do foro maxilofacial, do diagnóstico ortodôntico, da posição dos terceiros molares, de fraturas ósseas da mandíbula e da maxila e ainda das dimensões verticais do osso alveolar como parte do planejamento pré-implante.<sup>7,21</sup>

As principais vantagens da radiografia panorâmica são: uma melhor cobertura das arcadas dentárias e das suas estruturas, a sua técnica simples e rápida, e a menor dose de radiação ionizante à qual o paciente é submetido quando comparada com a dose necessária para a realização de um *status* radiográfico ou de uma TAC.<sup>21,25</sup>

Apresenta também limitações que devem ser ponderadas no momento em que pedimos o exame e, sobretudo, na interpretação das imagens obtidas. As principais limitações da radiografia panorâmica são: o plano de corte destes aparelhos radiográficos, a sobreposição de estruturas anatómicas, a imprecisão dimensional, a eventual formação de imagens fantasmas e as distorções inerentes a esta técnica que muitas vezes impedem a correta visualização das estruturas anatómicas e de alterações com interesse para o diagnóstico.<sup>21,24,25</sup>

Desta forma, conhecendo as indicações, vantagens, limitações e o princípio de formação da imagem da radiografia panorâmica, o profissional tem ao seu dispor um valioso exame complementar radiográfico no apoio a um correto diagnóstico e plano de tratamento.<sup>26</sup>

#### 4.1.3. Radiografia da mão e do punho

Em Ortodontia, a determinação da maturação esquelética é de máxima importância no planejamento dos tratamentos, principalmente dos ortopédicos, dado que estabelece a melhor época para o seu início, aproveitando o crescimento do paciente para as correções dos problemas transversais, verticais e, principalmente, dos ântero-posteriores, e correção das alterações ósseas e neuromusculares, procurando normalizar o sistema mastigatório e, conseqüentemente, a harmonia facial.<sup>27</sup>

A radiografia da mão e do punho é o método de determinação da maturação esquelética mais utilizado em ortodontia. Os ossos da mão e do punho fornecem as bases para a avaliação da maturação esquelética, permitindo a observação das alterações que ocorrem até o final da fase de crescimento.<sup>9,10,28</sup>

Uma radiografia da mão e do punho faculta uma visão aproximadamente de 30 ossículos, cada um com uma sequência de ossificação previsível. Embora a observação de um único osso não forneça o diagnóstico, uma avaliação do nível do desenvolvimento dos ossos da mão e punho poderá fornecer um retrato do estágio de desenvolvimento esquelético da criança.

Para isso, compara-se uma radiografia da mão e punho do paciente com uma amostra de referência padrão, como, por exemplo, as imagens radiográficas padronizadas num atlas de desenvolvimento da mão e do punho.<sup>13</sup>

A mão é a região mais comumente utilizada para ver a idade esquelética, pois evidencia maior facilidade na obtenção da imagem, dado que não contém órgãos vitais, podendo assim ser submetida a radiação com mais frequência.<sup>10</sup>

Atualmente existem vários métodos para determinar a maturação esquelética. Os métodos clássicos mais difundidos e mais utilizados são: Greulich & Pyle<sup>29</sup>, Tanner & Whitehouse<sup>30</sup>, e Grave & Brown<sup>31</sup>.

#### Greulich & Pyle<sup>29</sup>

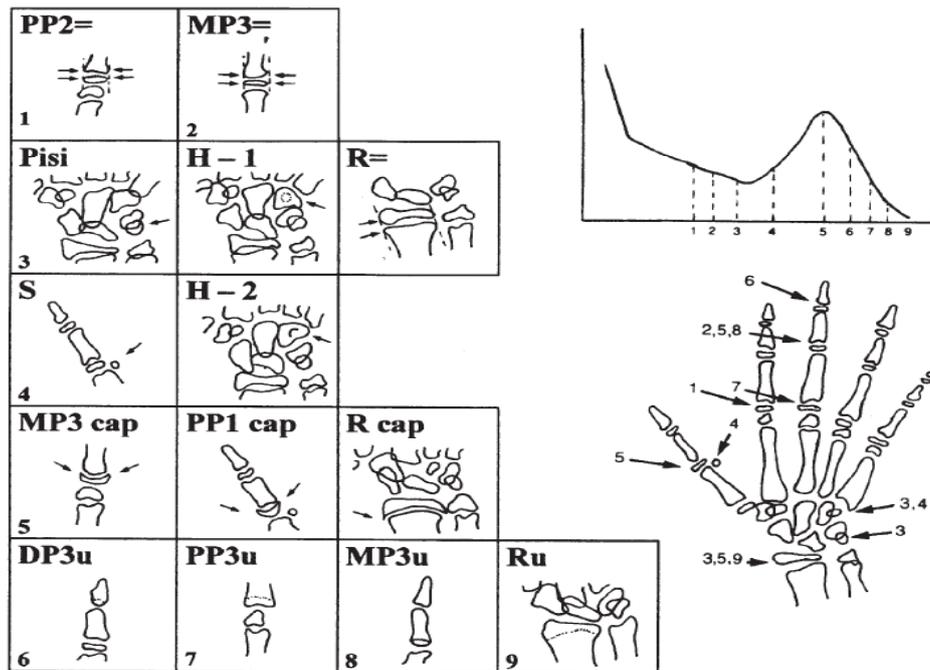
O método de Greulich & Pyle<sup>29</sup> (1959) baseia-se na comparação de radiografias da mão esquerda da criança com radiografias de referência contidas no atlas "*The Radiographic Atlas of Skeletal Development of the Hand and Wrist*", que possui imagens de referência padronizadas da mão e do punho de crianças. Foram incluídas 1000 radiografias da mão e do punho de crianças de raça caucasiana, de um nível socioeconómico elevado, que nasceram entre 1917 e 1942 nos EUA.<sup>29,32</sup> Trata-se de imagens desde o nascimento até aos 18 anos para o sexo feminino e aos 19 anos para o sexo masculino. As alterações relacionadas com a idade são observadas em 28 pontos de ossificação e é ainda hoje um dos métodos mais utilizados para a determinação da idade esquelética por radiologistas em todo o mundo.<sup>9</sup>

Estudos realizados nos EUA (1993-2001) relataram um aumento da discrepância entre a idade cronológica e esquelética entre populações de diferentes raças.<sup>9,33</sup> Foram também realizados estudos em populações de países diferentes e os resultados não são uniformes. Atualmente, questiona-se a aplicabilidade do atlas em todas as crianças.<sup>9,32</sup>

#### Grave & Brown<sup>31</sup>

No método definido por Grave & Brown<sup>31</sup>, em 1976, a radiografia da mão e do punho é avaliada e classificada de acordo com os indicadores de maturidade esquelética.<sup>31,34</sup> Este método avalia 14 fases de calcificação na mão e no punho em relação à curva de velocidade de crescimento pubertário (Bjork & Helm, 1967)<sup>35</sup>.

O pico do crescimento pubertário está relacionado com a mineralização do osso sesamóide (fase S) e com a ossificação do hamato (fase H-2), a ocorrer no estágio 4. O pico do surto pubertário coincide com o capeamento da diáfise pela respetiva epífise a nível da falange mesial do terceiro dedo (fase MP3 cap), a nível falange proximal do primeiro dedo (fase PP1 cap) e a nível do rádio (fase R cap), a ocorrerem no estágio 5. A desaceleração do crescimento pubertário ocorre com a fusão da epífise com a respetiva diáfise a nível da falange distal do terceiro dedo (fase DP3 u), no estágio 6.<sup>36</sup>



**Figura 5:** Classificação da maturação esquelética de Grave & Brown<sup>31</sup> e curva de crescimento de Bjork & Helm<sup>35</sup>

**Tabela I:** Indicadores de maturidade esquelética da mão e punho de acordo com o método de Grave & Brown<sup>31</sup> (Adaptado de Maló L, *et al.* 2014: 104)

Estádios	Fases	Evento de ossificação
Estádio 1	<i>PP2 =</i>	Epífise da falange proximal do segundo dedo é tão larga quanto a correspondente diáfise
Estádio 2	<i>MP3 =</i>	Epífise da falange mesial do terceiro dedo é tão larga quanto a correspondente diáfise
Estádio 3	<i>H-1</i>	Gancho do hamato (fase 1)
	<i>Pisi</i>	Aparição do pisiforme
	<i>R =</i>	Epífise do rádio tão larga quanto a correspondente diáfise
Estádio 4	<i>S</i>	Aparecimento do sesamoide ulnar
	<i>H-2</i>	Gancho do hamato (fase 2)
Estádio 5	<i>MP3<sub>cap</sub></i>	Epífise da falange mesial do terceiro dedo capeia a diáfise
	<i>PP1<sub>cap</sub></i>	Epífise da falange proximal do primeiro dedo capeia a diáfise
	<i>R<sub>cap</sub></i>	Epífise do rádio capeia a diáfise
Estádio 6	<i>DP3<sub>u</sub></i>	União epifisária completa da falange distal do terceiro dedo
Estádio 7	<i>PP3<sub>u</sub></i>	União epifisária completa da falange proximal do terceiro dedo
Estádio 8	<i>MP3<sub>u</sub></i>	União epifisária completa da falange mesial do terceiro dedo
Estádio 9	<i>R3<sub>u</sub></i>	União epifisária na epífise distal do osso rádio

#### 4.1.4. Telerradiografia de perfil da face

A telerradiografia de perfil da face é uma radiografia do crânio padronizada e reprodutível, muito utilizada em ortodontia para avaliar as relações dos dentes com os maxilares e dos maxilares com o restante esqueleto facial e tecidos moles.<sup>6</sup>

As suas principais indicações clínicas devem ser consideradas sob duas perspetivas, a ortodontia e a cirurgia ortognática.

Na Ortodontia<sup>6</sup> é essencial para:

- Diagnóstico inicial - confirmação de anomalias esqueléticas e/ou de tecidos moles subjacentes.
- Plano do tratamento.
- Avaliação do crescimento através da sobreposição de telerradiografias efetuadas ao longo do período de crescimento pubertário.
- Monitorização do progresso do tratamento, por exemplo, para avaliar a inclinação dos incisivos e para assegurar que os objetivos do tratamento estão a ser atingidos e permitir o planeamento da contenção.
- Avaliação dos resultados do tratamento e para registo final.

Na Cirurgia Ortognática<sup>6</sup> é fundamental como:

- Ferramenta essencial à decisão do plano do tratamento
- Avaliação pré-operatória do padrão esquelético e dos tecidos moles.
- Avaliação pós-operatória dos resultados da cirurgia e estudos de acompanhamento de longo prazo.

É também extremamente útil para avaliar o desenvolvimento e crescimento facial, traumas, patologias e anomalias de desenvolvimento.<sup>6</sup>

Uma desvantagem da telerradiografia de perfil da face convencional é o fato de produzir uma representação bidimensional (2D) de estruturas tridimensionais (3D) e, desta forma, mesmo com a posição correta da cabeça, nem todas as medições são possíveis.<sup>37</sup>

#### 4.1.4.1. Cefalometria

A partir da telerradiografia de perfil da face obtém-se o traçado e a análise cefalométrica, que são ferramentas fundamentais para um correto diagnóstico ortodôntico.<sup>8</sup>

O termo cefalometria refere-se a um conjunto de técnicas que estudam as dimensões das estruturas anatómicas do crânio e da face, visíveis na telerradiografia, e é considerada como sendo parte integrante do diagnóstico no início do tratamento ortodôntico.<sup>39</sup>

Na análise cefalométrica avalia-se essencialmente o contorno e a inclinação dos dentes anteriores, a relação entre a posição das bases dentárias da maxila e da mandíbula, a relação intermaxilar nos planos ântero-posterior e vertical e a relação entre os ossos do crânio e os tecidos moles da face.<sup>13</sup>

No entanto, quando se trata da validade e confiança da análise cefalométrica, vários erros devem ser considerados: identificação dos pontos de referência, traçado, medição e ampliação de certas estruturas anatómicas. Pontos de referência localizados em locais bem

delineados são mais fáceis de identificar, enquanto alguns pontos situados em curvas são mais propensos a erros. O Gónion e o ápice dos incisivos inferiores são os pontos menos consistentes. Os pontos de referência dentários tendem a ter menor validade do que os pontos de referência ósseos.<sup>8</sup>

A evidência mostra que a identificação dos pontos é uma grande fonte de erro nas telerradiografias de perfil da face. Além disso, diferentes níveis de conhecimento e experiência entre os observadores podem também levar a resultados diferentes na identificação do ponto de referência.<sup>8</sup> O posicionamento do paciente durante a radiografia é extremamente importante para evitar erros nas medições e identificar bem os pontos de referência.<sup>38</sup>

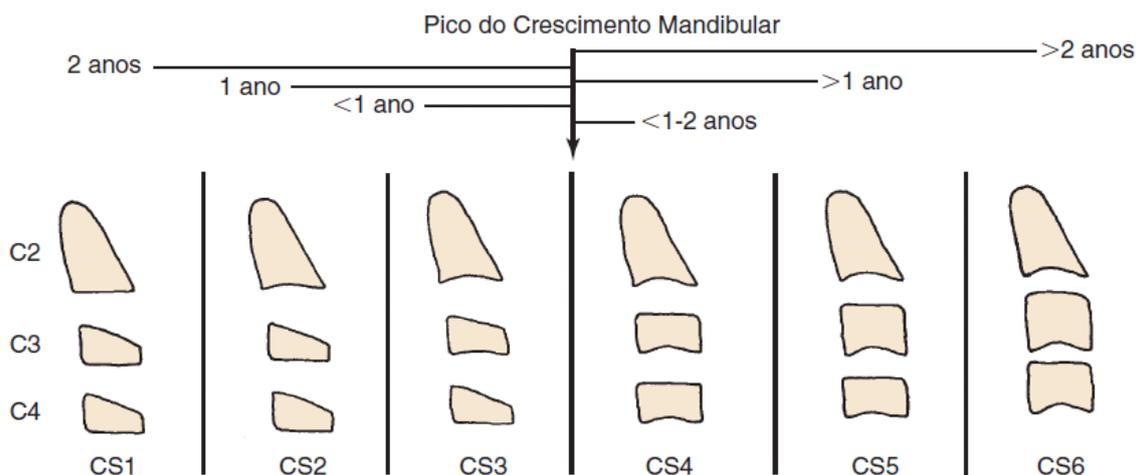
É fundamental que a análise cefalométrica e os restantes exames imagiológicos requisitados sejam avaliados juntamente com uma análise de modelos e um correto exame clínico por forma a se poder delinear um correto plano de tratamento ortodôntico.<sup>39</sup>

#### 4.1.4.2. Vértebras Cervicais

Os métodos de determinação da idade esquelética com recurso à análise da maturação das vértebras cervicais são utilizados com menor frequência quando comparados com a radiografia da mão e do punho, devido o facto de ainda não existir uma ferramenta automática, com boa precisão, difundida e divulgada pelos profissionais e especialistas da área.<sup>10</sup> Estes métodos têm vindo a ganhar popularidade devido ao facto das alterações morfológicas sofridas pelos corpos vertebrais serem observadas na telerradiografia de perfil<sup>34</sup>, o que traz a vantagem da não exposição do indivíduo a uma radiação extra, pois esta telerradiografia de perfil da face já faz parte da documentação em ortodontia.<sup>27,40</sup>

De entre os principais métodos para a determinação da maturação esquelética em pacientes ortodônticos por meio da avaliação das vértebras cervicais encontram-se os propostos por Hassel e Farman<sup>41</sup> (1995), Baccetti *et al.*<sup>42</sup> (2002), e Seedat e Forsberg<sup>43</sup> (2005). Os três métodos demonstram aplicabilidade clínica satisfatória, tendo o método proposto por Baccetti *et al.*<sup>42</sup> os melhores resultados, seguido pelo método Hassel-Farman<sup>41</sup> e o método Seedat-Forsberg<sup>43,40</sup>

O método desenvolvido por Baccetti *et al.*<sup>42</sup> permite a determinação da maturação das vértebras analisando as modificações anatómicas que sofrem as vértebras cervicais C2, C3 e C4 através de 6 estádios distintos (Figura 6).<sup>27,34</sup>



**Figura 6:** Representação esquemática dos estágios das vértebras cervicais de acordo com o método de Baccetti *et al.*<sup>27</sup> (Adaptado de Baccetti T, *et al.* 2005: 124)

As vértebras são avaliadas de acordo com 2 variáveis: a presença ou ausência de concavidade a nível do bordo inferior da C2, C3 e C4 e a anatomia que os corpos da C3 e C4 têm à medida que a idade progride (Tabela II).<sup>27</sup>

A deteção do estágio CS2 (*Cervical Stage – CS*) é indicativo que o surto pubertário está próximo, iniciando-se no estágio CS3, aproximadamente 1 ano após CS2, sendo alcançado o fim de crescimento no estágio CS6. O pico do crescimento mandibular segue a tendência do crescimento pubertário e ocorre entre os estádios CS3 e CS4.<sup>27,34</sup>

**Tabela II:** Estádios de maturação das vértebras cervicais de acordo com o método de Baccetti *et al.*<sup>34</sup> (Adaptado de Maló L, *et al.* 2014: 105)

	Bordo inferior do corpo vertebral	Forma do corpo da C3 e C4	Pico do crescimento mandibular
CS1	C2, C3, C4 achatado	C3, C4 trapezoides (o bordo superior é inclinado de posterior para anterior)	Chega em média 2 anos após este estágio
CS2	C2 côncavo; C3, C4 achatados	C3, C4 trapezoides	Chega em média um ano após este estágio
CS3	C2, C3 côncavos; C4 achatado	C3, C4 trapezoide ou retangular horizontal	Ocorre durante o ano deste estágio
CS4	C2, C3, C4 côncavos	C3, C4 retangular horizontal	Ocorreu 1-2 anos antes deste estágio
CS5	C2, C3, C4 côncavos	C3 ou C4 quadrangulares. Se não for quadrangular, o corpo da outra vértebra é retangular horizontal	Terminou um ano antes deste estágio
CS6	C2, C3, C4 côncavos	C3 ou C4 retangular vertical. Se não for retangular vertical, o corpo da outra vértebra é quadrangular	Terminou pelo menos 2 anos antes deste estágio

Num estudo recente, numa população portuguesa, comparando um método de determinação da maturação esquelética através radiografia da mão e do punho (Grave & Brown)<sup>31</sup> com o método de Baccetti *et al.*<sup>42</sup>, a forte correlação verificada entre a idade cronológica

e a maturação determinada pelos dois métodos permitiu concluir que a determinação da maturação esquelética utilizando as vértebras cervicais é uma alternativa válida e vantajosa na prática clínica ortodôntica na população portuguesa.<sup>34</sup>

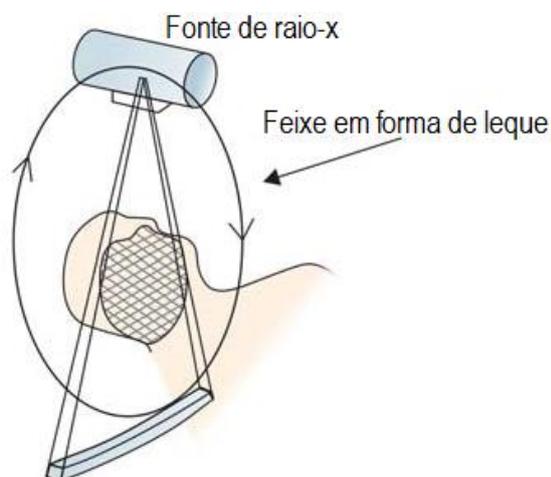
#### 4.1.5. Tomografia

Há diferentes técnicas de tomografias, as tomografias computadorizadas utilizadas atualmente são a TAC (ou tomografia computadorizada *multislice*) e a TCFC (ou tomografia computadorizada volumétrica).

##### 4.1.5.1. Tomografia axial computadorizada

As tomografias computadorizadas são aplicadas no âmbito da Medicina desde 1973, mas em Medicina Dentária apenas desde 1987.<sup>7</sup>

A TAC permite a aquisição de imagens adquiridas por meio de um feixe de raios X, em forma de leque, com uma trajetória circular ou espiral, enquanto o indivíduo é movido pelo dispositivo. Em relação à aquisição de imagem do crânio é adquirida em “fatias” e o computador une-as para a obtenção da imagem como um todo.<sup>44</sup> A TAC é uma técnica que permite a secção do corpo humano em planos (axial, sagital e coronal) e a reconstrução e visualização em 3D, revelando informações sobre tamanho, forma e textura das estruturas de interesse.<sup>7</sup>



**Figura 7:** Diagrama representativo da técnica de captura de imagem dos dispositivos de TAC<sup>44</sup> (Adaptado de Agrawal JM, *et al.* 2013: 153)

Os dispositivos de TAC atuais são designados aparelhos tomográficos *multislice* e têm uma sequência linear de detetores múltiplos (até 128 cortes)<sup>37</sup> que, simultaneamente, obtêm dados tomográfica em diferentes locais dos cortes.<sup>7</sup>

As imagens de TAC têm a capacidade de mostrar cortes de um dado tecido, com uma dada espessura (1-2 mm) e do local escolhido pelo operador.<sup>7</sup>

A maior desvantagem da TAC médica é a elevada exposição a radiação. Outras desvantagens incluem altos custos dos exames e dispersão da imagem por causa de objetos

metálicos. Tem baixa resolução em comparação com radiografias convencionais. A TAC tem algumas limitações no diagnóstico de fraturas dentárias que estão abaixo da sua capacidade de resolução e pode resultar em leituras de falsos-negativos.<sup>7</sup>

#### 4.1.5.2. Tomografia computadorizada de feixe cônico

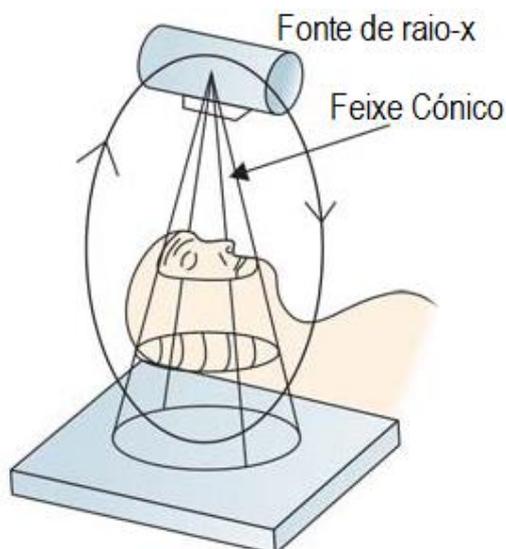
O aparecimento da TCFC representou o desenvolvimento de um dispositivo relativamente pequeno e de menor custo, especialmente indicado para a região maxilofacial.<sup>45</sup>

A TCFC é um método de imagem radiográfica que permite a obtenção de imagens 3D de alta precisão das estruturas dos tecidos duros. A TCFC é a mais importante entre as técnicas imagiológicas de diagnóstico médico-dentário que surgiram recentemente.

A TCFC tem alto contraste de resolução como resultado do tamanho do voxel isotrópico, inferior a 0,076 milímetros. Isto produz resolução muitas vezes superior ao mais elevado grau da TAC.<sup>25,46</sup> O tempo de análise é curto (aproximadamente 60 segundos). A dose de exposição à radiação da TCFC é cerca de 10 vezes menor do que a da TAC durante a exposição maxilofacial (68  $\mu$ Sv em comparação com os 600  $\mu$ Sv da TAC) e também tem grande precisão dimensional (apenas cerca de 2% de ampliação). Esta tecnologia está agora a proporcionar ao médico dentista uma modalidade de imagem, que é capaz de fornecer uma representação 3D das estruturas maxilofaciais, com o mínimo de distorção e relativamente baixa exposição à radiação.<sup>47</sup>

##### 4.1.5.2.1. Técnica de aquisição de imagem

A TCFC utiliza um feixe em forma de cone e um detetor de área que captura um volume total de imagem numa única rotação onde o movimento do paciente não é necessário. A fonte de raios X e o detetor de área movimentam-se simultaneamente em torno da cabeça do paciente, que é estabilizado com um suporte para a cabeça. Imagens de projeção individuais, conhecidas como imagens “base”, são adquiridas em determinados níveis de intervalo, que são similares às imagens radiográficas da telerradiografia de perfil, cada uma ligeiramente deslocada da outra. A série destas imagens de projeção base é referida como os dados de projeção, em que programas que contêm algoritmos sofisticados são aplicados para gerar um conjunto de dados volumétricos 3D, que podem ser utilizados para fornecer imagens de reconstrução primárias nos três planos ortogonais (axial, sagital e transversal).<sup>47</sup>



**Figura 8:** Diagrama representativo da técnica de captura de imagem dos dispositivos de TCFC<sup>44</sup> (Adaptado de Agrawal JM, *et al.* 2013: 153)

Em ortodontia, imagens craniofaciais obtidas com dispositivos de TCFC fornecem informações importantes em diferentes categorias.<sup>37</sup>

Podemos destacar:

- Avaliação da anatomia (normal/anormal).
- Avaliação do comprimento e do alinhamento das raízes.
- Determinação da relação entre a dimensão da mandíbula e dos dentes
- Determinação da relação maxilo-mandibular 3D.
- Determinação do estado da ATM.
- Determinação dos efeitos do tratamento ortodôntico na anatomia craniofacial.
- Detecção e localização de dentes inclusos ou supranumerários.

A capacidade de fornecer imagens 3D de estruturas craniofaciais com o mínimo de distorção aumentou a adaptabilidade desta tecnologia.<sup>45</sup>

Vantagens da TCFC em ortodontia:<sup>37</sup>

- Custo: Os dispositivos de TCFC adquiriram menor tamanho, graças aos avanços tecnológicos. O custo da TCFC de imagem é muito baixo em comparação com a TAC. O processamento de imagens é mais fácil porque é limitado à cabeça e à face. Além disso, o custo de manutenção dos dispositivos de TCFC é muito menor quando comparado com o custo de manutenção dos dispositivos de TAC.

- Redução da dose de radiação: Os resultados dos diferentes estudos, indicam que os dispositivos de TCFC emitem até 98% menos radiação em comparação com os dispositivos de TAC.

- Obtenção rápida da imagem: Com os dispositivos de TCFC, todos os dados são obtidos numa única rotação. Desta forma, o tempo de permanência do paciente é reduzido, aumentando a sua satisfação.

- Recurso à reconstrução dimensional: A vantagem mais relevante da TCFC é a possível visualização e organização dos dados em 3D.
- Processamento de imagens: Há vários *softwares* para realização de análise cefalométrica.

A geometria do feixe cónico, a sensibilidade do sensor, o contraste, e algumas outras limitações levam a algumas desvantagens na técnica da TCFC:

Desvantagens da TCFC em ortodontia:<sup>37</sup>

- O principal fator de debilidade na qualidade da imagem são os artefactos, tais como os brackets e as restaurações metálicas.
- O movimento indesejado do paciente pode causar um distúrbio da imagem.
- O preço destes dispositivos é mais caro do que o equipamento convencional de raios X e estes dispositivos requerem mais espaço.
- Pode ocorrer dissipação da radiação impedindo a correta monitorização da imagem.
- Baixa resolução de contraste dos tecidos moles.

Com um desenho diferente do equipamento de TCFC esta técnica também é aplicável na imagiologia de tecidos moles, mas, conseqüentemente, a dose de radiação é a mesma ou quase igual aos exames realizados com a TAC.<sup>25</sup>

Garib *et al.*<sup>48</sup> no seu estudo sobre a inovação da TCFC na ortodontia, introduz um quadro resumo que compara as outras principais diferenças entre estes dois métodos de diagnóstico.

**Tabela III:** Tabela que compara a TAC com a TCFC.<sup>48</sup> (Adaptado de Garib D, *et al.* 2007: 141)

	TAC	TCFC
<b>Dimensão do aparelho</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grande</li> <li>• Permite exame do corpo todo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mais compacto</li> <li>• Permite apenas exame da região da cabeça e pescoço</li> </ul>
<b>Aquisição de imagem</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diversas voltas do feixe de raios X em torno do paciente</li> <li>• Cortes axiais</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uma volta do feixe de raios X em torno do paciente</li> <li>• Imagens base semelhantes à telerradiografia</li> </ul>
<b>Tempo de obtenção de imagem</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 segundo multiplicado pela quantidade de cortes axiais necessários</li> <li>• Exposição à radiação ininterrupta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10-70 segundos de exame</li> <li>• 3-6 segundos de exposição à radiação</li> </ul>
<b>Dose de radiação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor</li> <li>• Aproximadamente 15 vezes reduzida em relação à TAC</li> </ul>
<b>Custo do exame</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduzido</li> </ul>
<b>Recursos do exame</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconstruções multiplanares e em 3D</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconstruções multiplanares e em 3D, além de reconstruções de radiografias 2D convencionais</li> </ul>
<b>Qualidade de imagem</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Boa nitidez</li> <li>• Ótimo contraste</li> <li>• Validação das avaliações quantitativas e qualitativas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Boa nitidez</li> <li>• Baixo contraste entre tecido duro e mole</li> <li>• Boa acurácia</li> </ul>
<b>Produção de artefactos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muito artefacto na presença de materiais metálicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pouco artefacto produzido na presença de metais</li> </ul>

#### 4.1.5.2.2. Aplicações da TCFC em Ortodontia

##### Dentes inclusos e anomalias intraorais

Embora os dentes ectópicos e estruturas adjacentes possam ser identificados com recurso a radiografias convencionais, os estudos realizados com TCFC fornecem dados mais precisos sobre as relações reais entre os dentes impactados e os dentes adjacentes e possíveis reabsorções radiculares.<sup>49</sup> Permitem ainda a elaboração de estratégias terapêuticas mais direcionadas, de forma que a cirurgia seja menos invasiva.

Outra área onde a TCFC é aplicada é na deteção das alterações patológicas da cavidade oral. Estudos mostraram que após o uso da TCFC, a incidência de anomalias orais aumentou em comparação com a fase em que se usava só a radiografia convencional.<sup>50</sup>

##### Análise das vias aéreas (nasofaríngeas)

O estudo das vias aéreas não é um objetivo direto do tratamento ortodôntico, mas a TCFC e as telerradiografias de perfil têm sido amplamente utilizadas para as medições das vias aéreas. Como resultado, devido a vias aéreas estreitas, tanto a remoção cirúrgica das adenoides/amígdalas ou a terapia da apneia obstrutiva do sono podem ser aplicadas, se necessário.

A capacidade da TCFC para medir volumes das vias aéreas tem ajudado na Medicina Dentária a estudar as diferenças de volume das vias aéreas como resultado da expansão rápida maxilar<sup>51</sup> e da extração de pré-molares<sup>52</sup>. Em ambos os estudos, as vias aéreas encontravam-se inalteradas após o tratamento ortodôntico.

Num outro estudo recorrendo a telerradiografias e TCFC, verificou-se uma diferença moderada em área e volume das vias aéreas superiores.<sup>53</sup>

#### Pacientes com fendas lábio-palatinas

Nos diferentes grupos de pacientes, a TCFC é mais importante para os indivíduos com malformações congénitas. Uma vez que a prevalência de fendas lábio-palatinas é muito elevada na população, não é inesperado que as pesquisas utilizando a técnica de TCFC em malformações craniofaciais se tenham concentrado nestes pacientes. Desde que o uso da TCFC em pacientes com fendas lábio-palatinas foi considerado eficaz no estudo inicial dos casos clínicos,<sup>54</sup> essa informação 3D da fenda tornou-se relevante para a cirurgia de enxerto da mesma. A quantidade adequada do material de enxerto pode ser analisada através de análises de TCFC para assegurar osso suficiente em pacientes com fendas lábio-palatinas. Além disso, a TCFC também é utilizada para avaliar os tecidos moles em pacientes com fendas lábio-palatinas no pré e pós-operatório. Contudo, as radiografias convencionais e a TCFC são principalmente usadas para avaliar tecidos mineralizados.<sup>37</sup>

#### Morfologia da ATM

O tamanho da cabeça do côndilo, a forma e a posição podem ser avaliados com a TCFC. O côndilo é visto apenas lateralmente em telerradiografias de perfil, mas com a TCFC, podem ser vistos também cortes frontais e axiais do côndilo. No entanto, uma vez que a TCFC não é suficiente para visualizar os tecidos moles, a análise das estruturas do disco articular da ATM é difícil.<sup>55</sup>

#### Análise da imagem da TCFC

Com os novos programas as imagens de frente ou de perfil podem ser convertidas para a base de dados em formato DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*).

Uma visão 3D da face pode ser criada em qualquer direção desejada, pode ser alterada a transparência da imagem e as relações anatómicas entre os tecidos duros e moles podem ser estudadas. Alterações de aparência facial depois do movimento dentário, cirurgia ortognática ou outro tratamento craniofacial podem ser detetados na imagem da TCFC. Além disso, os modelos das imagens obtidas a partir da TCFC podem ser preparados com dispositivos 3D Fotoscan.<sup>37,56</sup>

### Sobreposição 3D de imagens

Imagens de estruturas cranianas feitas em momentos diferentes podem ser sobrepostas em pontos pré-definidos usando o *software* 3D. As medidas realizadas nestas imagens são enviadas para um computador, e em seguida, as alterações no crescimento e a evolução do tratamento são avaliadas.

Assim, a estabilidade e a avaliação no pós-tratamento podem ser feitas com a ajuda da sobreposição 3D.<sup>56</sup>

Além disso, a TCFC fornece informações sobre a inclinação e o torque da raiz, a espessura do osso e a morfologia dos locais onde se decide colocar os mini-implantes e os locais a realizar osteotomia durante o planejamento cirúrgico.<sup>57</sup>

Fornece também informações sobre as posições das raízes dos incisivos superiores e inferiores, a quantidade de osso na região posterior da maxila para distalizar os dentes, a quantidade de osso disponível para a expansão maxilar e a proximidade entre o seio maxilar e as raízes dos dentes superiores.<sup>58</sup>

#### 4.1.5.2.3. Dose de radiação e qualidade de imagem

As doses de radiação da TCFC são geralmente mais elevadas do que as utilizadas nas radiografias convencionais (intraoral, panorâmica, telerradiografia), mas menores do que as da TAC (Tabela IV). A dose é dependente do tipo de equipamento e das configurações de exposição, especialmente do FOV (*Field of View*), do tempo de exposição, da corrente do tubo (mA) e da energia/potencial (kV). É também dependente da região de obtenção da imagem dada a existência de tecidos radiosensíveis, como por exemplo, as glândulas salivares e tireóideas, que são irradiados de forma diferente. Além disso, a utilização da proteção de chumbo reduz as doses absorvidas pela tireóide. Os profissionais devem ter conhecimento adequado das doses de radiação a utilizar em função do dispositivo específico que estão a usar.<sup>25</sup>

Dispositivos com grande FOV incluem a TCFC com um FOV de 15-23 cm. Estas unidades são especialmente úteis para a avaliação do trauma maxilofacial, diagnóstico e plano de tratamento ortodôntico, a análise da ATM e patologias dos maxilares. Um FOV médio de 10-15 cm, é útil para a imagem da mandíbula e da maxila e para o planejamento da área de implantologia. Dispositivos com baixo FOV (FOV limitado) <10 cm (alguns de 4 cm x 4 cm) são adequados para imagiologia dento-alveolar e para aplicações endodônticas.<sup>7,59</sup>

As grandes variações nas doses enfatizam a importância de otimizar os parâmetros de imagem em ambos os exames de TCFC e TAC. A dose de radiação deve ser tão baixa quanto possível, seguindo o princípio de ALARA (*As Low As Reasonably Achieved*) e deve estar em equilíbrio com a qualidade de imagem. Ou seja, as normas devem ser desenvolvidas em função da qualidade de imagem e da dose necessária para efetuar um correto diagnóstico. No futuro,

os protocolos de baixa dose dos equipamentos da TCFC e da TAC muito provavelmente vão levar a um decréscimo significativo das doses absorvidas.<sup>25</sup>

**Tabela IV:** Dose efetiva de técnicas radiográficas convencionais (intraoral, radiografia panorâmica e telerradiografia), TCFC e TAC em  $\mu\text{Sv}$ . O intervalo da dose efetiva e valores médios (entre parênteses) da TCFC em  $\mu\text{Sv}$  (de acordo com os quadros da comissão europeia em 2012<sup>60</sup>).<sup>25</sup> (Adaptado de Suomalainen A, *et al.* 2015: 2)

Dose de radiação dos exames de imagem utilizados em ortodontia	
Método de imagem	Dose efetiva [ $\mu\text{Sv}$ ]
Radiografia intraoral	<1,5
Radiografia panorâmica	2,7-24,3
Telerradiografia	<6
TCFC dento-alveolar (FOV altura <10 cm)	11-674 (61)
TCFC craniofacial (FOV altura > 10 cm)	30-1073 (87)
TAC maxilo-mandibular	280-1410

#### 4.1.5.2.4. Orientações da Comissão Europeia para o uso de TCFC

As indicações para o uso da TCFC em ortodontia (Tabela V) foram apresentadas nas diretrizes baseadas na evidência SEDENTEXCT<sup>60</sup>. O objetivo do projeto SEDENTEXCT foi desenvolver diretrizes baseadas na evidência sobre o uso de TCFC em Medicina Dentária, incluindo os critérios de referência, as diretrizes com garantia de qualidade e as estratégias de otimização.<sup>61</sup>

**Tabela V:** Recomendações para o uso TCFC em ortodontia de acordo com as diretrizes europeias SedentexCT (2012).<sup>60</sup> (Adaptado de: European Commission. Cone Beam CT for dental and maxillofacial radiology: evidence-based guidelines. 2012)

\*FOV deve ser tão pequeno quanto possível.

<p><b>Localização dos dentes inclusos e identificação da reabsorção radicular associada *</b></p> <p>» TCFC só deve ser usada quando a TAC é necessária, caso em que a TCFC é preferível devido à menor dose de radiação; ou</p> <p>» TCFC só deve ser usada quando a pergunta para qual exame de imagem é necessário não pode ser respondida de forma adequada por causa da dose mais baixa da radiografia convencional;</p>
<p><b>Fendas lábio-palatinas</b></p> <p>» TCFC só deve ser usada quando a TAC é necessária, caso em que a TCFC é o preferido devido à menor dose de radiação;</p>
<p><b>Mini-implantes: Local apropriado de colocação de mini-implante *</b></p> <p>» TCFC raramente são necessárias, exceto nos casos com falta de espaço grave para a colocação de mini-implante;</p>
<p><b>Casos graves de discrepâncias esqueléticas</b></p> <p>» TCFC da face pode ser usada para desenvolver plano de tratamento orto-cirúrgico;</p> <p>» É dada preferência a pacientes com mais de 16 anos de idade;</p>
<p><b>Avaliação pré-cirúrgica de dentes inclusos</b></p> <p>» TCFC só deve ser usada quando a pergunta para qual exame de imagem é necessário não pode ser respondida de forma adequada por causa da dose mais baixa da radiografia convencional;</p>
<p><b>Planeamento da cirurgia ortognática</b></p> <p>» TCFC da face pode ser usado para desenvolver um plano de tratamento orto-cirúrgico;</p>
<p><b>Avaliação da ATM</b></p> <p>» TCFC só deve ser usada quando a TAC é necessário, caso em que a TCFC é o preferido devido à menor dose de radiação;</p>

**Tabela VI:** Princípios básicos para o uso da TCFC<sup>60</sup> (Adaptado de: European Commission. Cone Beam CT for dental and maxillofacial radiology: evidence-based guidelines. 2012)

A TCFC não deve ser realizada sem que um exame clínico prévio justifique sua realização;
A TCFC deve ter seu uso justificado para cada paciente, no qual os benefícios superam os riscos dos exames;
A TCFC deve ter o potencial de adicionar novas informações ao caso clínico em questão;
A TCFC não deve ser encarada como um exame de rotina;
Usar a TCFC somente quando as questões clínicas para as quais a TCFC foi requisitada não puderem ser respondidas adequadamente por exames de diagnóstico que fazem o uso de doses mais baixas de radiação, como as radiografias intra e extraorais convencionais;
As imagens obtidas a partir da TCFC devem ser analisadas por um radiologista especializado, devendo ser emitido um relatório;
Quando a avaliação dos tecidos moles é necessária, a TAC ou a RM mostram-se mais apropriadas.

### Educação e formação do médico dentista

De acordo com as diretrizes da SedentexCT<sup>60</sup>, o médico dentista prescritor, as clínicas onde o exame é feito e o especialista em física médica partilham a responsabilidade sobre o exame radiográfico. Todos os profissionais envolvidos na TCFC, incluindo o médico dentista, devem receber formação teórica e prática, que inclui o procedimento técnico de aquisição de imagens, dose de radiação, proteção radiológica e leitura da tomografia.<sup>60</sup> Isto é, o médico dentista prescritor deve saber quando e com que finalidade solicitará o exame de TCFC. Além disso, ele deve saber como realizar o exame e deve saber interpretá-lo.<sup>61</sup>

## 4.2. *Imagiologia no diagnóstico dos tecidos moles*

### 4.2.1. Ressonância magnética

A ressonância magnética (RM) atua através da obtenção de um sinal de ressonância do núcleo do hidrogénio. Portanto, é basicamente a imagem da quantidade de água que está distribuída nos diferentes tecidos. Tecidos que possuem um pequeno conteúdo de água e/ou gordura, aparecerão como áreas mais escuras ou com baixa intensidade de sinal (ex. cortical óssea). Tecidos ricos em água e/ou gordura (ex. medula óssea) aparecerão com um sinal intenso, ou seja, mais esbranquiçados ou brilhantes. A RM é a técnica de imagem em Medicina com maior contraste de imagem.<sup>37</sup>

As ondas rádio são enviadas para o local desejado para o exame num campo magnético. A energia produzida pelos átomos de hidrogénio das células estimuladas pelas ondas de rádio é convertida em números; Estes números são processados num computador e convertidos numa imagem. A RM é muito útil para o estudo da ATM, tumores e na cicatrização de enxertos.

Embora a RM tenha uma história curta no estudo da ATM, é considerada o *gold standart* para a imagem da ATM. A RM é a principal escolha quando são necessárias informações detalhadas sobre o derrame intracapsular da ATM e perfuração do disco articular.<sup>37</sup>

#### Vantagens de RM em Ortodontia:<sup>37</sup>

- Dá informações muito valiosas sobre a posição e morfologia do disco da ATM e excelente resolução dos tecidos moles, com uma técnica de imagem livre de radiação.
- Com base nas alterações de intensidade do sinal, pode também exibir os tecidos ósseos em detalhe.
- É seguro usar em doentes que são alérgicos ao agente de contraste.
- Permite examinar os processos inflamatórios e os tecidos cicatriciais.

Desvantagens da MRI:<sup>37</sup>

- Equipamento caro e avançado.
- Indisponível na generalidade dos centros médicos e consultório dentários.
- É contraindicado em pacientes claustrofóbicos.

O aço inoxidável e outros metais usados nos aparelhos ortodônticos mostraram produzir artefactos na imagem criada.<sup>24</sup> Assim, os pacientes submetidos a tratamento ortodôntico devem ser cuidadosamente avaliados sobre a necessidade efetiva de uma ressonância magnética.<sup>37</sup>

### 4.3. *Imagiologia nuclear*

#### 4.3.1. Cintigrafia óssea

A cintigrafia óssea (CO) é um exame funcional que consiste na deteção e registo da atividade dos osteoblastos no esqueleto por meio da administração de compostos fosfatados marcados com isótopos emissores de radiação gama.<sup>21,62</sup>

Na CO, após a administração de um radiofármaco, o paciente passa a ser a fonte de radiação ionizante, que é captada por um sensor. A função deste sensor é transformar a energia eletromagnética que é enviada pelos tecidos do paciente numa forma de energia detetável pelos sensores biológicos humanos, ou seja, uma imagem visível. Assim, a radiação gama emitida pelo paciente transforma-se em energia fotoluminescente e, posteriormente, num sinal elétrico que é mostrado como uma imagem funcional na tela de um monitor.<sup>21</sup>

As principais indicações da CO são: neoplasias malignas, lesões quísticas ou tumorais benignas, processos inflamatórios de origem traumática ou infecciosa, disfunções metabólicas, displasias fibro-ósseas e hiperplasias ósseas.

Este exame é importante nas situações clínicas em que há a necessidade de um estudo dinâmico do complexo craniofacial, com o objetivo de avaliar a atividade do metabolismo ósseo.<sup>63</sup> Em ortodontia, é utilizada no diagnóstico qualitativo do crescimento assimétrico do côndilo<sup>64</sup> e na determinação da necessidade de uma condilectomia numa ATM disfuncional.

A CO analisa as articulações temporomandibulares bilateralmente, ajudando a confirmar ou rejeitar um diagnóstico de hiperplasia condilar.<sup>21,65</sup>

## 5. Princípios da proteção contra a radiação

A natureza probabilística dos efeitos estocásticos faz com que a distinção entre exposição "segura" e "perigosa" à radiação seja impossível. Por outras palavras, mesmo uma pequena quantidade de radiação está associada a um certo risco. A ICRP (*International Commission on Radiological Protection*) em 2007 descreveu três princípios fundamentais para os sistemas de proteção.<sup>60,66</sup>

O primeiro princípio é o da justificação, o que implica fazer mais bem do que mal para o paciente tendo em conta o dano de radiação para os funcionários e outros indivíduos. Para as exposições médicas, a justificação é a responsabilidade da profissão médica (ou de Medicina Dentária). A justificação envolve decisões tanto a nível individual como geral. A nível geral refere-se à justificação de todas as práticas. O segundo nível de justificação relaciona-se com o indivíduo a ser exposto, para quem deve haver um benefício real, ou seja, mais bem do que mal. Procedimentos de referência apropriados devem estar no local para permitir a justificação do procedimento para o paciente.<sup>60,66</sup>

O segundo princípio é o da otimização da prática, também conhecido como princípio de ALARA. A exposição à radiação deve ser baixa, para minimizar o risco de cancro e de efeitos tecidulares. Uma exposição médica otimizada nem sempre é aquela com menor dose, mas aquela que equilibra cuidadosamente o dano da exposição e os recursos disponíveis para a proteção dos indivíduos para obter as informações necessárias. O processo de otimização inclui a criação, seleção e manutenção de equipamentos adequados, bem como a adoção de procedimentos sistemáticos e a padronização de critérios a fim de obter as informações de diagnóstico necessárias utilizando a menor dose de radiação que, razoavelmente, pode ser alcançada. Exemplos de otimização da exposição em radiologia são: a melhoria de detetores de radiação, a seleção de parâmetros de exposição adequados, a utilização de dispositivos de proteção e a seleção de uma projeção radiográfica em que órgãos radiosensíveis recebam uma dose mínima. Outro aspeto da otimização é a criação e utilização de níveis de referência de diagnóstico.<sup>60,66</sup>

O terceiro princípio é o uso de limites de dose. Para as exposições médicas, a limitação da dose para o paciente não é recomendada pois pode, reduzindo a eficácia do tratamento ou diagnóstico, fazer mais mal do que bem. Assim, para os pacientes, o destaque vai para a justificação e otimização da exposição à radiação.<sup>60,66</sup>

## 6. Conclusão

Na ortodontia, os recentes avanços em tecnologias de imagem revolucionaram o diagnóstico e o planeamento do tratamento.

Devido à dose de radiação mais elevada em relação às radiografias convencionais, a TCFC não é um método padrão de diagnóstico em Ortodontia. O seu uso rotineiro, substituindo a documentação convencional, considera-se uma prática inaceitável. A TCFC deve ser indicada com muito critério, e somente após uma análise clínica, quando os benefícios para o diagnóstico e tratamento superarem os riscos de uma dose mais elevada de radiação. Só deve ser requisitada quando houver potencial para dar novas informações não manifestadas nos exames radiográficos convencionais, modificando o plano de tratamento ou facilitando a sua execução. No futuro, com mais evidência científica, com a evolução tecnológica e com a inovação de dispositivos de TCFC, possivelmente podem mudar as indicações atuais da TCFC em ortodontia.

Os trabalhos desenvolvidos por entidades de referência em radiologia são importantes para fornecer bases teóricas e orientar a atuação correta dos Médicos Dentistas face a esta nova tecnologia.

Neste momento há uma grande variação na solicitação de exames complementares de diagnóstico radiográfico para consulta inicial de Ortodontia, revelando falta de aplicação de critérios na seleção destes exames, o que pode gerar exposições desnecessárias à radiação X.

Técnicas de imagem de elevada tecnologia como a TCFC, TAC, RM e a CO, continuam a ser exames complementares, cuja indicação se deve basear num criterioso exame clínico do paciente e análise individual do custo benefício das mesmas.

## **7. Agradecimentos**

Em primeiro lugar, quero agradecer à minha orientadora, Professora Sónia Alves, pela sua disponibilidade e incentivo que foram fundamentais para realizar esta monografia. As suas críticas construtivas e reflexões foram de enorme valor ao longo de toda a elaboração do trabalho. Eternamente grato por todo o apoio.

Ao Professor Francisco do Vale, agradeço pela transmissão de conhecimentos científicos e pela disponibilidade demonstrada.

Aos docentes, funcionários e colegas com quem tive a oportunidade de conviver durante todo o meu percurso académico.

Aos meus pais, ao meu irmão, aos meus avós e aos meus amigos pela ajuda, presença e compreensão deste trabalho.

A todos, **Muito Obrigado!**

## 8. Bibliografia

1. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. (2013). *What is radiation?* <http://www.unscear.org/unscear/en/faq.html>
2. Cuttler JM, Pollycove M. Nuclear energy and health and the benefits of low-dose radiation hormesis. *Dose-Response*. 2009;7(1):52–89.
3. Donya M, Radford M, ElGuindy A, Firmin D, Yacoub MH. Radiation in medicine: Origins, risks and aspirations, *Global Cardiology Science and Practice* 2014:57
4. Zakariya NI, Zakariya NI. Benefits and Biological Effects of Ionizing Radiation. *Sch Acad J Biosci*. 2014;2(9):583–91.
5. Liguori C, Frauenfelder G, Massaroni C, Saccomandi P, Giurazza F, Pitocco F, *et al*. Emerging clinical applications of computed tomography. 2015:265–278.
6. Whaites E. Princípios de radiologia odontológica. Tradução de: *Essentials of dental radiography and radiology* (4. ed.). Rio de Janeiro: Elsevier editora; 2009. Capítulo 4
7. Shah N. Recent advances in imaging technologies in dentistry. *World J Radiol*. 2014;6(10):794.
8. Durão AR, Pittayapat P, Rockenbach MIB, Olszewski R, Ng S, Ferreira AP, *et al*. Validity of 2D lateral cephalometry in orthodontics: a systematic review. *Prog Orthod*. 2013; 14 (1): 31.
9. Calfee RP, Sutter M, Steffen J a., Goldfarb C a. Skeletal and chronological ages in American adolescents: Current findings in skeletal maturation. *J Child Orthop*. 2010;4(5):467–70.
10. Caldas MP, Ambrosano GMB, Haiter-Neto F. Use of Cervical Vertebral Dimensions for assessment of children growth. *J Appl Oral Sci*. 2007;15(2):9–11.
11. Kau CH. *Imaging for Orthodontics and Maxillofacial Surgery*. 2010. 321p.
12. Silva MAG, Wolf U, Heinicke F, Bumann A, Visser H, Hirsch E. Cone-beam computed tomography for routine orthodontic treatment planning: a radiation dose evaluation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2008;133(5):640.e1–5.
13. Proffit WR, Fields HW, Sarver DM. *Ortodontia contemporânea*. Tradução (4. ed.). Rio de Janeiro: Elsevier editora; 2007. Seção II pag.96, seção III pag.184,186.
14. Khare P. The Road To Radiation Protection: A Rocky Path. *J Clin Diagnostic Res*. 2014;(1915):10–3.
15. Nascimento MLF. Brief history of X-ray tube patents. *World Pat Inf*. Elsevier Ltd; 2014;37:48–53.
16. Forrai J. History of x-ray in dentistry. *Rev Clín Pesq Odontol*. 2007;3(3):205–11.
17. Pelagio C, Maués R, Ramos R, Vilella ODV. Severe root resorption resulting from orthodontic treatment : Prevalence and risk factors. *Dental Press J Orthod*. 2015;20(1):52–8.
18. Sameshima GT, Asgarifar KO. Assessment of Root Resorption and Root Shape: Periapical vs Panoramic Films. *Angle Orthod*. 2001;71(3):185–9.

19. Gher ME, Richardson AC. The accuracy of dental radiographic techniques used for evaluation of implant fixture placement. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 1995;15(3):268-83.
20. Katona TR. Flaws in root resorption assessment algorithms: role of tooth shape. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2006;130(6):698 e19-27.
21. Stuart CW, Pharoah MJ. *Radiologia Oral Fundamentos e Interpretação*. 5ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora; 2005. 193,261,263,442,535,645,646 p.
22. Ferrus-Torres E, Gargallo-Albiol J, Berini-Aytes L, Gay-Escoda C. Diagnostic predictability of digital versus conventional panoramic radiographs in the presurgical evaluation of impacted mandibular third molars. *Int J Oral Maxillofac Surg*. Denmark; 2009 Nov;38(11):1184–7.
23. Oksayan R, Aktan a M, Sokucu O, Hastar E, Ciftci ME. Does the panoramic radiography have the power to identify the gonial angle in orthodontics? *ScientificWorldJournal*. 2012;2012:219708.
24. Mckee IW, Williamson PC, Lam EW, Heo G, Glover KE, Major PW. The accuracy of 4 panoramic units in the projection of mesiodistal tooth angulations. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2002 Feb;121(2):166–75.
25. Suomalainen A, Pakbaznejad Esmaeili E, Robinson S. Dentomaxillofacial imaging with panoramic views and cone beam CT. *Insights Imaging*. 2015;6(1):1–16.
26. Valai-Kasim S, Krishnaswamy N, Tom B, Thavarajah R. Rotational panoramic radiographs-unusual triple images. *J Clin Exp Dent*. 2015;7(1):e183–6.
27. Baccetti T, Franchi L, McNamara J a. The Cervical Vertebral Maturation (CVM) method for the assessment of optimal treatment timing in dentofacial orthopedics. *Semin Orthod*. 2005;11(3):119–29.
28. Pichai S, Rajesh M, Reddy N, Adusumilli G, Reddy J, Joshi B. A Comparison of Hand Wrist Bone Analysis with Two Different Cervical Vertebral Analysis in Measuring Skeletal Maturation. *J Int Oral Heal*. 2014;6(March):36–41.
29. Greulich, W. W.; Pyle, S. I. *Radiographic atlas of skeletal development of hand and wrist*. 2nd ed. Califórnia: Stanford University, 1959.
30. Tanner JM, Whitehouse RH, Healy MJR. A new system for estimating skeletal maturity from the hand wrist, with standards derived from a study of 2,600 healthy British children. Part II. Paris: International Children's Centre. 1962
31. Grave KC, Brown T. Skeletal ossification and the adolescent growth spurt. *Am J Orthod and Dentofacial Orthop*. 1976;69:611–9.
32. Celikoglu M, Kale B, Gungor A, Sari Z, Gungor O. The reliability of the Greulich and Pyle atlas when applied to a Southern Turkish population. *Eur J Dent*. 2015;9(2):251.
33. Loder RT, Estle DT, Morrison K, Eggleston D, Fish DN, Greenfield ML, *et al*. Applicability of the Greulich and Pyle skeletal age standards to black and white children of today. *Am J Dis Child*. 1993;147(12):1329–33.

34. Maló L, Lima S, Teixeira V, Canova F, Alves S. Maturação esquelética numa população portuguesa – comparação entre maturação da mão e punho e vértebras cervicais. *Rev. Port. Estomatol. Med. Dent. Cir. Maxilofac.* 2014;5(2):102–109.
35. San Román P, Palma JC, Oteo MD, Nevado E. Skeletal maturation determined by cervical vertebrae development. *Eur J Orthod.* 2002;24(3):303–11.
36. Gandini P, Mancini M, Andreani F. A comparison of hand-wrist bone and cervical vertebral analyses in measuring skeletal maturation. *Angle orthod.* 2006;76:984–9.
37. Karatas O, Toy E. Three-dimensional imaging techniques: A literature review. *Eur J Dent.* 2014;8(1):132.
38. Bansal N, Singla J, Gera G, Gupta M, Kaur G. Reliability of natural head position in orthodontic diagnosis: A cephalometric study. *Contemporary Clinical Dentistry.* 2012;3(2):180-183.
39. Nijkamp PG, Habets LLMH, Aartman IHA, Zentner A. The influence of cephalometrics on orthodontic treatment planning. *Eur J Orthod.* 2008;30:630–5.
40. Jaqueira LMF, Armond MC, Pereira LJ, Alcântara CEP De, Marques LS. Determining skeletal maturation stage using cervical vertebrae: evaluation of three diagnostic methods. *Braz Oral Res.* 2010;24(4):433–7.
41. Hassel B, Farman AG. Skeletal maturation evaluation using cervical vertebrae. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1995;107(1):58-66.
42. Baccetti T, Franchi L, McNamara JA Jr. An improved version of the cervical vertebral maturation (CVM) method for the assessment of mandibular growth. *Angle Orthod.* 2002;72(4):316-23.
43. Seedat AK, Forsberg CD. An evaluation of the third cervical vertebra (C3) as a growth indicator in Black subjects. *SADJ.* 2005;60(4):156,158-60.
44. Agrawal JM, Agrawal MS, Nanjannawar LG, Parushetti AD. CBCT in orthodontics: The wave of future. *J Contemp Dent Pract.* 2013;14(1):153–7.
45. Scarfe WC, Farman a G, Sukovic P. Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. *J Can Dent Assoc.* 2006;72(1):75–80.
46. Scarfe WC, Farman AG, Sukovic P. Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. *J Can Dent Assoc.* 2006;72:75–80.
47. Mohan Kumar, Muhammad Shanavas, Ashwin Sidappa MK. Cone Beam Computed Tomography - Know its Secrets. *J Int Oral Heal.* 2015;7(November 2014):64–8.
48. Garib DG, Raymundo Jr. R, Raymundo MV, Raymundo DV, Ferreira SN. Tomografia computadorizada de feixe cônico (Cone beam): entendendo este novo método de diagnóstico por imagem com promissora aplicabilidade na Ortodontia. *Rev Dent Press Ortod e Ortop Facial.* 2007;12(2):139–56.
49. Baysal A, Karadede I, Hekimoglu S, Ucar F, Ozer T, Veli İ, *et al.* Evaluation of root resorption following rapid maxillary expansion using cone-beam computed tomography. *Angle Orthod.* 2012;82(3):488–94.

50. Ericson S, Kurol PJ. Resorption of incisors after ectopic eruption of maxillary canines: A CT study. *Angle Orthod.*2000;70:415–23.
51. Zhao Y, Nguyen M, Gohl E, Mah JK, Sameshima G, Enciso R. Oropharyngeal airway changes after rapid palatal expansion evaluated with cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.*2010;137(Suppl 4):S71–8.
52. Valiathan M, El H, Hans MG, Palomo MJ. Effects of extraction versus non-extraction treatment on oropharyngeal airway volume. *Angle Orthod.* 2010;80:1068–74.
53. Aboudara CA, Hatcher D, Nielsen IL, Miller A. A three dimensional evaluation of the upper airway in adolescents. *Orthod Craniofac Res.* 2003;6(Suppl 1):173–5.
54. Wörtche R, Hassfeld S, Lux CJ, Müssig E, Hensley FW, Krempien R, *et al.* Clinical application of cone beam digital volume tomography in children with cleft lip and palate. *Dentomaxillofac Radiol.*2006;35:88–94.
55. Gribel BF, Gribel MN, Manzi FR, Brooks SL, McNamara JA., Jr From 2D to 3D: An algorithm to derive normal values for 3-dimensional computerized assessment. *Angle Orthod.* 2011;81:3–10.
56. White AJ, Fallis DW, Vandewalle KS. Analysis of intra-arch and interarch measurements from digital models with 2 impression materials and a modeling process based on cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;137:456.e1–9.
57. Cevidanes LH, Styner MA, Proffit WR. Image analysis and superimposition of 3-dimensional cone-beam computed tomography models. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006;129:611–8.
58. Leuzinger M, Dudic A, Giannopoulou C, Kiliaridis S. Root-contact evaluation by panoramic radiography and cone-beam computed tomography of super-high resolution. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;137:389–92.
59. Tyndall DA, Kohltfarber H. Application of cone beam volumetric tomography in endodontics. *Aust Dent J.* 2012;57 Suppl 1:72–81.
60. European Commission. Cone Beam CT for dental and maxillofacial radiology: evidence-based guidelines. Luxembourg: SEDENTEXCT; 2012. <https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/172.pdf>
61. Garib DG, Calil LR, Leal CR, Janson G. Is there a consensus for CBCT use in Orthodontics? *Dental Press J Orthod.* 2014;19(5):136–49.
62. Güner DD, Oztürk Y, Sayman HB. Evaluation of the effects of functional orthopaedic treatment on temporomandibular joints with single-photon emission computerized tomography. *Eur J Orthod.* 2003;25(1):9–12.
63. Baydas B, Yavuz I, Uslu H. Nonsurgical Rapid Maxillary Expansion Effects on Craniofacial Structures in Young Adult Females. *Angle Orthod.* 2006;76(5):3–5.
64. Saridin CP, Raijmakers PGHM, Tuinzing DB, Becking AG. Bone scintigraphy as a diagnostic method in unilateral hyperactivity of the mandibular condyles: A review and meta-analysis of the literature. *International Association of Oral and Maxillofacial Surgery*; 2011;40(1):11–7.

65. Paulsen HU, Rabøl a, Sørensen SS. Bone scintigraphy of human temporomandibular joints during Herbst treatment: a case report. *Eur J Orthod.* 1998;20(4):369–74.
66. ICRP Publication 103. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. *Ann ICRP.* 2007;35.