

Inês Nogueira Martins

**Medidas de radioproteção na Tomografia Computorizada de Feixe Cónico –  
Revisão narrativa**

Universidade Fernando Pessoa

Faculdade de Ciências da Saúde

Porto, 2022



Inês Nogueira Martins

**Medidas de radioproteção na Tomografia Computorizada de Feixe Cónico –  
Revisão narrativa**

Universidade Fernando Pessoa

Faculdade de Ciências da Saúde

Porto, 2022

Inês Nogueira Martins

**Medidas de radioproteção na Tomografia Computorizada de Feixe Cónico –  
Revisão narrativa**

*Trabalho apresentado à Universidade Fernando Pessoa  
como parte dos requisitos para obtenção do grau  
de mestre em Medicina Dentária*

---

(Inês Nogueira Martins)

Porto, 2022

## RESUMO

**Objetivo:** Perceber quais as recomendações para o uso de medidas de radioproteção de pacientes na Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (CBCT) utilizadas na Medicina Dentária, com base nas evidências científicas mais atuais.

**Metodologia:** Foi realizada uma pesquisa bibliográfica de artigos em língua Portuguesa e Inglesa, no intervalo temporal de 2010 a 2022, a partir dos motores de busca: *PubMed*, *Elsevier*, *DMFR publications*, *B-ON*. Pontualmente utilizaram-se referências anteriores a este intervalo, com o objetivo de fundamentar ideias específicas. Adicionalmente realizou-se uma pesquisa em livros de Radiologia Oral. Após a pesquisa inicial, obtiveram-se 58 artigos aos quais foram aplicados critérios de inclusão e de exclusão e resultaram 32 artigos para leitura e avaliação integral.

**Principal Tópico Abordado:** As evidências demonstram que a exposição, sem proteção adequada, à radiação ionizante pode induzir processos de carcinogénese, devido à radiosensibilidade de vários órgãos localizados na cabeça e pescoço. De uma forma transversal, o colar de tiroide reduz significativamente a dose de radiação absorvida, no entanto, saliente-se a importância da sua correta utilização para evitar o aparecimento de artefactos na imagem e, por conseguinte, a necessidade de uma segunda tomada radiográfica. A utilização de óculos de chumbo para a realização de exames na área da radiologia Dentomaxilofacial não é consensual, visto ser discutida a efetiva redução da dose.

**Palavras-chave:** Radiologia dentária; Radioproteção; Radiação ionizante; CBCT; Tomografia Computorizada de Feixe Cônico;

## ABSTRACT

**Objective:** To understand what are the recommended measures for patients protection in Cone Beam Computed Tomography (CBCT), used in dentistry, based on the most current literature.

**Methodology:** A bibliographic search of Portuguese and English scientific articles was carried out, in the time interval from 2010 to 2022 using the following search engines: *PubMed, Elsevier, DMFR publications, B-ON*. Articles outside that time interval were used seldomly. Additionally, a search within several Oral Radiology books was made. Search terms, inclusion and exclusion criteria were defined. After the initial search, 58 articles were obtained to which inclusion and exclusion criteria were applied, resulting in 35 articles for full reading and evaluation.

**Main Topic Addressed:** Evidence shows that unprotected exposure to ionizing radiation can induce carcinogenesis processes, due to the radiosensitivity of several organs located in the head and neck. In a transversal way, the thyroid collar significantly reduces the absorbed radiation dose, however, it is important to emphasize the importance of its' correct use to avoid artifacts in the image obtained, hence avoiding the need for further ionizing radiation exposure. There is no consensus on the use of lead glasses to perform examinations in the field of Dentomaxillofacial radiology, as the effectiveness of this dose reduction is still being discussed.

**Keywords:** Dental Radiology; Radioprotection; Ionizing Radiation; CBCT; Cone Beam Computed Tomography;

## DEDICATÓRIAS

*“Pelos beijos, abraços, derrotas e vitórias.*

*Pelas conquistas, lutas, lágrimas e alegrias.*

*Pelo crescimento, experiências, esperança e saúde.*

*Pelos apertos de mão, pelas pessoas conhecidas, pelas novas amizades e pelas  
amizades perdidas.*

*Pelo que valeu a pena, e por aquilo que vou deixar para trás.*

*Pelos erros e acertos, pelo que me arrependo de não ter feito, pelo destino, por aquilo  
que aconteceu e não foi bom, por aquilo que aconteceu sem querer (ou querendo) e foi  
inesquecível.*

*Pelos momentos indescritíveis, essenciais, especiais, únicos, e guardados para sempre  
no coração.*

*Pelo amor, pela vida vivida, por mais uma conquista.*

*Disto tudo que foi, guardei só o que foi bom, acabou, passou, e agora o futuro  
começou.”*

Fernanda Gasetta

## AGRADECIMENTOS

Cinco anos cheios de desafios, conquistas, amizade e apoio. A todos os que se cruzaram na minha vida e de alguma forma me fizeram crescer, deixo desde já o meu mais sincero obrigada. As palavras são pequenas para o sentimento que tenho por vós, mesmo assim deixo-vos aqui algumas:

À minha orientadora, Professora Doutora Ana Paula Reis, que desde o primeiro ano me cativou com o seu saber e como orientadora se mostrou sempre disponível para acima de tudo transmitir todo o seu conhecimento e nunca me deixar desistir: o meu mais sincero obrigada.

Aos meus Pais, cujo amor transparece em cada palavra e em cada abraço. O meu porto seguro e aqueles que me transmitiram os valores mais bonitos. Obrigada por tudo.

À minha Avó que todos os dias me aconselha da maneira mais genuína e cujos olhos azuis me transmitem a calma nos dias de turbulência, Obrigada.

Ao meu Irmão que desde sempre teve o papel importante de me dizer as verdades, por mais que custassem ouvir. Aquele com quem posso sempre contar e cujas lembranças me fazem sempre sorrir, a minha mais sincera gratidão.

Ao Manuel, meu eterno confidente, melhor amigo e amante. Obrigada por acreditares sempre em mim, por me limpares as lágrimas e me dares toda a confiança que por vezes se perde no meio das adversidades.

À Sara Barbosa, a minha Binómia, e para sempre amiga. A quem uma troca de olhares bastava para pedir ajuda e a quem desde sempre me ensinou o significado de amizade verdadeira. Do primeiro ao último dia, obrigada por tudo, Sarinha.

À Joana Resende e ao Rui Oliveira que entraram na minha vida num momento inesperado, e para sempre serão o meu porto seguro. Agradeço-vos por tudo.

## ÍNDICE

<b>RESUMO.....</b>	<b>V</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>VI</b>
<b>DEDICATÓRIAS .....</b>	<b>VII</b>
<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>VIII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>XI</b>
<b>ÍNDICE DE ABREVIATURAS .....</b>	<b>XII</b>
<b>I. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1. Metodologia.....	3
<b>II. DESENVOLVIMENTO.....</b>	<b>4</b>
1. Tomografia Computorizada de Feixe Cônico .....	4
1.1. Produção de imagem .....	4
1.2. Produção de raios X.....	5
1.3. Campo de visão .....	5
1.4. Detetores de imagem .....	6
1.5. Reconstrução da imagem.....	7
1.6. Evidência dosimétrica.....	7
2. Efeitos da radiação ionizante.....	8
2.1. Efeitos determinísticos .....	8
2.2. Efeitos estocásticos.....	9
2.3. Radiossensibilidade da tiroide e globo ocular .....	9
3. Medidas de radioproteção.....	10
3.1. Colar protetor de tiroide .....	11
3.2. Óculos de chumbo .....	12

3.3.	Modo de utilização do equipamento para reduzir a dose de radiação .....	13
<b>III.</b>	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>IV.</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>V.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>16</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Risco atribuível ao longo da vida para cancro de tiroide induzido por radiação. Adaptado de (pauwels <i>et al.</i> , 2019). .....	10
Figura 2 A exposição da tiroide (T) à radiação em exames de CBCT pode ser devido a radiação primária (P), dispersão interna (I) e dispersão externa (E). Um colar bem ajustado (S) protege a tiroide da dispersão externa e da radiação proveniente do feixe primário se o colar estiver interposto. Adaptado de (pauwels <i>et al.</i> , 2019). .....	11

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

**ADA**- American Dental Association

**ADN**- Ácido desoxirribonucleico

**ALADA**- As Low As Diagnostically Acceptable (tão baixo quanto diagnósticamente aceitável)

**ATA**- American Thyroid Association

**CBCT**- Cone Beam Computed Tomography (Tomografia Computorizada de Feixe Cônico)

**CT**- Tomografia Computorizada

**DTP**- Detetores de tela plana

**FOV**- Field of view (campo de visão)

**ICRP**- International Commission on Radiological Protection

**II/CCD**- Combinação de um dispositivo intensificador de imagem e um dispositivo de detetores de carga acoplada

**mAs**- Miliamperagem

**mSv**- MiliSievert

**NCRP**- National Council on Radiation Protection and Measurements

**Sv** - Sievert

**TC**- Tomografia Computorizada

**2D**- Duas Dimensões

**3D**- Três Dimensões

**μSv**- MicroSiev

## I. INTRODUÇÃO

Durante muitos anos as técnicas radiográficas a duas dimensões (2D) foram amplamente utilizadas para diagnóstico em Medicina Dentária. Com o progresso da Imagiologia, surgiu a possibilidade de adquirir imagens a três dimensões (3D), o que revolucionou a capacidade de realizar diagnósticos em várias áreas da Medicina. Inicialmente estas imagens eram obtidas através da Tomografia Computorizada Helicoidal. Atualmente a Tomografia Computorizada de Feixe Cônico tem sido a principal escolha em Medicina Dentária. Esta oferece a vantagem de obter imagens de alta precisão com menor dose de radiação face à Tomografia Computorizada convencional (Moura *et al.*, 2019).

O uso crescente da técnica de Tomografia Computorizada de Feixe Cônico tem, inevitavelmente, riscos associados que decorrem da radiação ionizante utilizada, e que envolvem os pacientes e profissionais de saúde. Este dado deve ser tido em consideração pelos profissionais de saúde aquando a sua prescrição (Qu *et al.*, 2012).

Sempre que um paciente é exposto a radiação ionizante, esta exposição deve ser realizada de acordo com o princípio de ALADA (*As Low As Diagnostically Acceptable*, tão baixo quanto diagnosticamente aceitável) (Hoogeveen *et al.*, 2016).

Este princípio basilar da radioproteção defende que deve haver uma justificação para qualquer exposição médica, de modo a que o benefício de diagnóstico seja maior do que o risco associado à exposição à radiação ionizante. O princípio da otimização da dose deve ser tido em consideração recorrendo a todas as medidas possíveis de radioproteção para reduzir exposições desnecessárias a radiação por parte de pacientes e profissionais (Corbett e Faulkner, 1998). A limitação de dose é também um preceito fundamental de ALADA, fornecendo limites de dose para a exposição a fim de garantir que ninguém seja exposto a doses excessivamente elevadas. Saliente-se que, só se deve recorrer a uma imagem de Tomografia Computorizada de Feixe Cônico, quando uma tomada radiográfica de dose mais baixa não fornecer as informações necessárias para o diagnóstico e tratamento do paciente (White e Pharoah, 2015).

Embora a dose de radiação associada à Radiologia Dentária seja considerada relativamente baixa, sabe-se que, não existe um limite abaixo do qual a exposição à radiação ionizante esteja isenta de riscos. Dada a elevada frequência de exames

radiológicos realizados ao longo da vida, mesmo uma pequena dose de radiação pode levar a um aumento da probabilidade de desenvolver cancro e outras patologias, o que releva a importância da radioproteção para a saúde pública (Memon *et al.*, 2019).

Nos últimos 30 anos, a incidência de cancro de tiroide tem aumentado em todo o mundo. A glândula tiroide está entre os órgãos mais suscetíveis a tumores induzidos por radiação ionizante. Este facto, torna-se ainda mais relevante em crianças, dado que o fator de risco é muito superior (três vezes maior). É de notar que, o cancro de tiroide é inversamente proporcional à idade no momento da tomada radiográfica. Realce-se o elevado risco para idades inferiores a 20 anos, e um risco menor acima da idade referida anteriormente (Goren *et al.*, 2013).

Vários estudos demonstram que a utilização de colares de chumbo tem uma elevada eficácia na redução da dose de radiação absorvida pela tiroide (Shortt *et al.*, 2007).

Em 2007, foi publicado o relatório 103 da Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP), no qual uma revisão de literatura epidemiológica sugeriu que a lente do olho pode ser mais radiosensível do que se pensava anteriormente. Neste relatório não foi possível chegar a uma conclusão acerca da sensibilidade ocular devido à existência limitada de estudos sobre o tema em questão. Desde então, a sensibilidade ocular passou a ser um tema fulcral para investigação (Barnard *et al.*, 2016).

De acordo com Prins (*cit. in* Goren *et al.*, 2013) a utilização de óculos de chumbo durante várias tomadas radiográficas de CBCT, pode reduzir a dose absorvida na lente do olho em 60% para uma rotação completa e em 38% para uma rotação parcial.

Deste modo, o uso de colar protetor de tiroide e óculos de chumbo, reduz significativamente a dose de radiação absorvida pelo globo ocular e pela tiroide. Como resultado, o risco de desenvolver cataratas e cancro de tiroide é significativamente menor (Goren *et al.*, 2013).

## 1.1. Metodologia

A metodologia elegida para a pesquisa debruçou-se numa abordagem explicativa com a finalidade de sintetizar as medidas de radioproteção indicadas para o exame de Tomografia Computorizada de Feixe Cônico.

Procedeu-se ao levantamento de artigos nas bases de dados *PubMed*, *Elsevier*, *DMFR publications*, *B-ON*, considerando os últimos 12 anos de publicação (2010 a 2022).

A pesquisa foi realizada mediante a combinação dos seguintes termos de indexação “radiologia dentária”, “radioproteção”, “radiação ionizante”, “CBCT” e “tomografia computadorizada de feixe cônico” e os termos equivalentes em língua inglesa articulados com os marcadores booleanos “AND”, “OR”, “E” e “OU”.

Dos 58 artigos disponíveis, foi realizada uma primeira seleção baseada na leitura do título e análise do resumo, resultando 45 artigos. Seguidamente procedeu-se à leitura completa do artigo. Após essa leitura, foram apenas incluídos aqueles que se enquadravam nas medidas de radioproteção relativas ao CBCT e os que se focavam nos efeitos da radiação ionizante.

Para a seleção dos artigos foram estipulados os seguintes critérios de inclusão: artigos publicados em língua inglesa e portuguesa que tivessem sido publicados nos últimos 12 anos. Relativamente aos critérios de exclusão, não foram considerados artigos incompletos e artigos com informação irrelevante para o tema em desenvolvimento.

Para além dos artigos de revisão, foram incluídas referências anteriores ao intervalo temporal estipulado nos critérios, pela pertinência considerada no alinhamento do texto.

De acordo com a estratégia de pesquisa anteriormente mencionada, foram selecionados 32 artigos para a elaboração desta revisão narrativa, cujo conteúdo se apresentou relevante para o esclarecimento do propósito que fundamenta esta revisão.

## **II. DESENVOLVIMENTO**

Com o aparecimento da tomografia computadorizada (TC), em 1972, surgiu a possibilidade de diagnóstico com imagens tridimensionais (3D). Embora a ampla utilização dos aparelhos de TC, mesmo em Medicina Dentária, estes resultavam em elevadas doses de radiação, por vezes desnecessárias. Em 1997, foi então criado um equipamento de Tomografia Computorizada de Feixe Cônico (CBCT) cujas doses de radiação ionizante eram mais reduzidas, comparativamente com a Tomografia Computorizada convencional (Nasseh e Al-Rawi, 2018).

### **1. Tomografia Computorizada de Feixe Cônico**

Neste exame auxiliar de diagnóstico, um feixe de raios X de formato cônico percorre uma única vez a região de interesse, em redor do eixo vertical da cabeça do paciente. As informações digitalizadas são adquiridas de vários ângulos e esses dados são processados por um software especializado que constrói as imagens tomográficas. A aquisição destas imagens é volumétrica, e as reconstruções são realizadas nos seguintes planos anatómicos: coronal, axial e sagital, sendo também possível fazer reconstruções panorâmicas e parassagittais ou transversais (Abramovitch e Rice, 2014).

Como o feixe cônico, característico do CBCT, irradia um volume maior em vez de uma pequena área, o equipamento não precisa de girar tantas vezes e conseqüentemente, a dose emitida para o paciente é menor, ao contrário do que acontece na Tomografia Computorizada Helicoidal, em que várias rotações são necessárias para adquirir as imagens volumétricas. Deste modo, a técnica de Feixe Cônico permite que os profissionais obtenham imagens reconstruídas em duas dimensões em todos os planos e reconstruções a três dimensões com uma dose relativamente baixa de Radiação-X (Nasseh e Al-Rawi, 2018).

#### **1.1. Produção de imagem**

O fundamento de aquisição de imagem para a técnica de Tomografia Computorizada de Feixe Cônico, consiste numa fonte de raios X e um detetor de área recíproca fixados

por um braço, que gira de forma síncrona em torno do eixo da cabeça do paciente, numa única rotação (Scarfe e Farman, 2008; Nasseh e Al-Rawi, 2018).

## **1.2. Produção de raios X**

O tubo emissor de radiação X é constituído por um cátodo e um ânodo, rodeados por um invólucro de vidro, em vácuo. O cátodo, é constituído por um filamento de tungsténio e uma taça focalizadora (refletor côncavo de molibdénio). O filamento é aquecido até à incandescência pelo fluxo de corrente de baixa voltagem e emite eletrões de uma forma proporcional à temperatura do filamento. A forma parabólica da taça focalizadora direciona os eletrões emitidos pelo filamento para uma pequena área retangular do ânodo, denominada de ponto focal, composto por tungsténio embutido num bloco de cobre (White e Pharoah, 2015).

Devido à alta voltagem, os eletrões liberados são acelerados em direção ao ânodo, colidindo com o mesmo a alta velocidade. A energia libertada pela colisão é maioritariamente dissipada sob a forma de calor, mas uma pequena parte é convertida em radiação. Os eletrões são emitidos em todas as direções, contudo, a absorção dentro do ânodo resulta num feixe emergente do tubo, perpendicular ao feixe de eletrões. A superfície do ânodo, é por isso levemente inclinada para maximizar a fluência de raios X de saída através do tubo (Pauwels *et al.*, 2014).

## **1.3. Campo de visão**

O volume de tecido digitalizado pode ser controlado e é chamado de campo de visão, comumente denominado como FOV (*Field of View*) (Abramovitch e Rice, 2014).

Os FOVs disponíveis em unidades de CBCT variam entre campos de visão adequados para um único dente (geralmente  $4 \times 4 \text{ cm}^2$  ou  $5 \times 5 \text{ cm}^2$ ), até imagens craniofaciais completas (desde  $15 \times 15 \text{ cm}^2$  até  $23 \times 26 \text{ cm}^2$ ). As dimensões do FOV dependem do tamanho e formato do detetor, da geometria de projeção do feixe e da capacidade de colimação do feixe. A redução do FOV na maioria das unidades CBCT é realizada recorrendo a colimação primária na fonte emissora de radiação-X. Além disso, grande parte dos sistemas utiliza campos de visão predefinidos para diferentes indicações.

Outros dispositivos permitem ajustar livremente o campo de visão dentro de certos limites, nos volumes transversal, vertical e horizontal (Kiljunen *et al.*, 2015).

Realce-se que, o campo de visão é um dos parâmetros mais importantes no que toca à radiação absorvida pelo paciente e à qualidade da imagem diagnóstica obtida, assim, aquando a realização de uma tomada radiográfica a seleção do FOV deve ser feita de modo adequado e consciente (Kiljunen *et al.*, 2015).

#### **1.4. Detetores de imagem**

O detetor de raios X consiste numa camada de fósforo, como iodeto de céσιο, que converte os fotões de raios X em fotões de luz. Por sua vez, a matriz ativa possui um elemento fotossensível que produz eletrões proporcionais à intensidade dos fotões incidentes. Essa carga elétrica é armazenada na matriz até ser lida e convertida em dados digitais enviados ao processador de imagem (European Commission, 2012).

Existem dois tipos de detetores de imagem para o procedimento de tomada radiográfica na Tomografia Computorizada de Feixe Cônico. O primeiro consiste na combinação de um dispositivo intensificador de imagem e um dispositivo de detetores de carga acoplada (II/CCD), e o segundo tipo de detetores é denominado de detetores de tela plana (DTP) (Scarfe e Farman, 2008).

Segundo a Comissão Europeia (2012), as unidades II/CCD são maiores e resultam em áreas de imagem base circular (volumes esféricos) contrariamente aos produzidos pelo detetor de tela plana que se apresentam no formato retangular (volumes cilíndricos). No entanto, os detetores de tela plana são atualmente os detetores mais usados nos equipamentos de CBCT.

Os detetores de tela plana, são compostos por uma camada de deteção de raios X e uma matriz ativa de transistores de película fina. Estes, têm uma maior sensibilidade aos raios X do que os II/CCD e, portanto, têm o potencial de reduzir a dose do paciente (European Commission, 2012).

### **1.5. Reconstrução da imagem**

Durante a exposição efetuada pelo aparelho emissor de raios X, várias tomadas radiográficas são realizadas, sendo que cada uma destas exposições produz uma imagem denominada de imagem base. Uma vez completa a rotação, e todas as imagens base adquiridas, o conjunto completo destas imagens constitui os dados de projeção (Abramovitch e Rice, 2014).

Segundo Scarfe e Farman (2008), os dados de projeção são constituídos por uma série de aproximadamente 100 a mais de 600 imagens base, cada uma com mais de um milhão de pixels com 12 a 16 *bits* de dados atribuídos a cada pixel. Esses dados são então processados para criar um conjunto de dados volumétricos, composto por elementos de volume cuboides (voxels) num processo chamado de reconstrução. Este processo é então composto por duas etapas:

Na etapa de aquisição, devido a falhas na deteção e registo de raios X, as imagens base apresentam variações, e mesmo detetores de alta qualidade exibem uma certa quantidade de pixels defeituosos. Para compensar as imperfeições resultantes, as imagens brutas exigem compensação sistemática, bem como uma correção para ocultar pixels defeituosos (Scarfe *et al.*, 2012)

Por fim, na etapa de reconstrução, uma vez corrigidas as imagens, estas são convertidas numa representação especial chamada sinograma (Scarfe *et al.*, 2012; Scarfe e Farman, 2008).

### **1.6. Evidência dosimétrica**

Atualmente, com a elevada frequência de exames radiográficos a que a população é submetida, conhecer com precisão as doses recebidas durante estas exposições é uma preocupação recorrente (Roberts *et al.*, 2009).

Relatórios publicados pela Comissão internacional de proteção radiológica indicaram que a dose efetiva, para vários equipamentos de Tomografia Computorizada de Feixe Cônico, varia de 25 a 1025  $\mu\text{Sv}$ , dependendo do modelo do equipamento bem como do protocolo de aquisição de imagem utilizado (White e Pharoah, 2015).

## **2. Efeitos da radiação ionizante**

Note-se que, aumentar a dose de radiação acima de um certo valor, não contribuirá para a melhoria da qualidade da imagem diagnóstica e resultará apenas no aumento de radiação absorvida pelo paciente (Semelka *et al.*, 2007).

De uma forma geral, o alvo crítico da radiação absorvida pelo organismo é o ácido desoxirribonucleico. O dano no ADN de uma célula é o principal motivo de morte celular induzida por radiação, mutações genéticas e carcinogénese (Hall e Giaccia, 2001).

Num exame radiográfico, a radiação é absorvida pelo organismo causando efeitos diretos e indiretos. Quando a energia de um fóton ou um eletrão secundário ioniza uma macromolécula biológica, o efeito é nomeado como direto. Por outro lado, um fóton pode ser absorvido pela água ionizando algumas destas moléculas e os iões resultantes formam radicais livres que provocam alterações, interagindo com moléculas biológicas. Como são exigidas alterações intermediárias envolvendo moléculas de água para modificar as moléculas biológicas, essa série de eventos é referida como indireta (White e Pharoah, 2015).

Face aos efeitos biológicos da radiação, estes são divididos em determinísticos e estocásticos (Mupparapu, 2005).

### **2.1. Efeitos determinísticos**

Os efeitos determinísticos levam à morte celular existindo uma relação proporcional entre a dose e a dimensão do dano esperado. Este dano só se manifesta a partir de uma determinada dose, isto é, existe um limiar de dose abaixo do qual não há efeito (Pedrosa, 2005).

Note-se que a maioria dos órgãos ou tecidos do corpo não é afetada pela perda de algumas células. Consequentemente, se o número de células lesadas for suficientemente grande, manifesta-se um dano visível, observável pela perda da função do tecido. As reações tecidulares, portanto, têm um limite de dose e a gravidade do efeito está relacionada com a dose (Hall e Giaccia, 2001).

## **2.2. Efeitos estocásticos**

Os efeitos estocásticos podem manifestar-se meses ou anos após exposição à radiação. Contrariamente aos efeitos determinísticos, é difícil estabelecer uma relação causal entre o efeito estocástico e a exposição à radiação ionizante, em virtude da grande quantidade de variáveis envolvidas e do longo tempo de latência. (D'ippolito e Medeiros, 2005)

Quanto maior a dose absorvida, maior será a probabilidade de ocorrência dos efeitos. Não há limiar de dose a partir do qual possam ocorrer. É importante salientar que o organismo apresenta mecanismos de defesa muito eficientes. A maioria das transformações neoplásicas não evolui para cancro, mas, quando estes mecanismos de defesa falham, após um longo período de latência, o cancro pode aparecer. (Uliana *et al.*, 2009)

A crença de que os efeitos estocásticos não têm limite de dose é baseada nos mecanismos moleculares envolvidos. Por esta razão, considera-se prudente e conservador assumir que nenhuma dose é pequena demais para criar um efeito nocivo, embora isso nunca possa ser comprovado (Hall e Giaccia, 2001).

## **2.3. Radiossensibilidade da tiroide e globo ocular**

Entre os órgãos da região da cabeça e pescoço, a glândula tiroide é altamente radiossensível e a exposição a altas doses de radiação ionizante é uma das causas ambientais conhecidas para cancro de tiroide (Memon *et al.*, 2019).

Ao realizar exames radiográficos na região ântero-superior, a tiroide encontra-se frequentemente total ou parcialmente dentro do feixe primário de raios X. Na pesquisa de dose, observou-se que a dose absorvida pela tiroide contribui consideravelmente para a dose efetiva total da tomada radiográfica (Hoogeveen *et al.*, 2016). É de notar que, o cancro de tiroide é inversamente proporcional à idade no momento da tomada radiográfica, tal como mostra a figura 1. Realce-se o elevado risco para idades inferiores a 20 anos, e um risco menor acima da idade referida anteriormente (Goren *et al.*, 2013a).

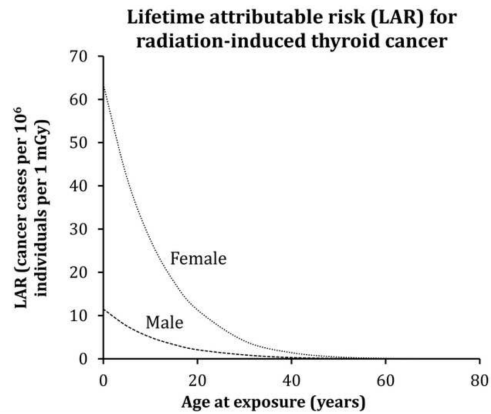


Figura 1 Risco atribuível ao longo da vida para cancro de tireoide induzido por radiação. Adaptado de (pauwels et al., 2019).

Para além da radiosensibilidade da glândula tiroide, a exposição da lente ocular à radiação ionizante pode causar danos como opacidades ou cataratas. Durante anos, era consensual que o desenvolvimento de cataratas associadas à radiação exigia um limiar de dose acima de 8 Sv. Hoje em dia, é evidente que a lente ocular, um tecido altamente radiosensível, é muito mais suscetível à radiação ionizante do que se pensava anteriormente (Machan, 2018).

Em 2012, o ICRP publicou o relatório 118, que sugere como recomendação reduzir o limite de dose para a lente ocular de 150 mSv ano para 20 mSv num ano (Barnard *et al.*, 2016).

### 3. Medidas de radioproteção

Embora as doses e os riscos individuais sejam relativamente baixos nas tomadas radiográficas em Medicina Dentária, a característica cumulativa da dose não é desprezível (Horner, 1994).

Colares de tiroide e óculos de chumbo são medidas de radioproteção externas e consistem na aplicação de um material para atenuar o feixe primário de raios X e qualquer dispersão externa dos mesmos. Assim, é importante usar métodos de radioproteção externos quando indicado e posicionar estes acessórios com precisão para maximizar a redução da dose. (Crane e Abbott, 2016)

### 3.1. Colar protetor de tireoide

Tal como ilustrado na Figura 2, a radiação absorvida pela tireoide (T) pode ser atribuída à radiação proveniente do feixe primário de raios X (P), à dispersão interna da radiação (I) e à dispersão externa (E) (Pauwels *et al.*, 2019).

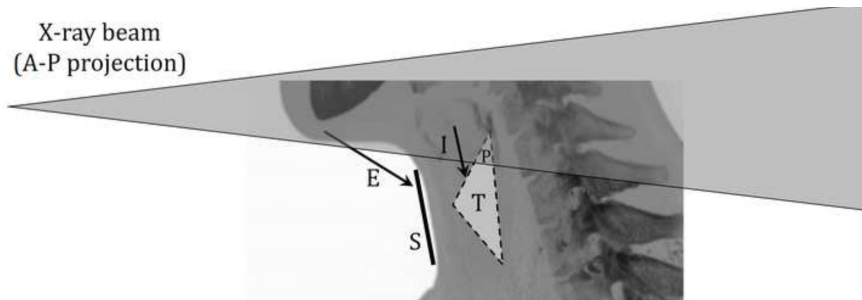


Figura 2 A exposição da tireoide (T) à radiação em exames de CBCT pode ser devido a radiação primária (P), dispersão interna (I) e dispersão externa (E). Um colar bem ajustado (S) protege a tireoide da dispersão externa e da radiação proveniente do feixe primário se o colar estiver interposto. Adaptado de (pauwels *et al.*, 2019).

Quanto à dispersão interna da radiação (I), o colar de tireoide (S) não evidencia qualquer benefício na redução de dose absorvida pela glândula tireoide (Hiles *et al.*, 2021). No que toca à dispersão externa da radiação (E), uma fração de radiação absorvida inicialmente pela região anterior da mandíbula, sairá na porção inferior do queixo e reentrará ao nível da tireoide. Neste caso, o colar de tireoide (S) protegerá a mesma da radiação espalhada externamente (Pauwels *et al.*, 2019).

Face à radiação proveniente do tubo emissor de Radiação-X, dependendo o campo de visão, o uso de um colar de chumbo bem ajustado com uma espessura de pelo menos 0,25 mm pode levar a uma redução de aproximadamente 46% da radiação absorvida pela Glândula tireoide (Pauwels *et al.*, 2019).

Quando a tireoide está dentro do campo de visão, existem vários fatores a serem considerados para a utilização de colar de chumbo, nomeadamente:

- A incorreta adaptação do colar pelo profissional ou o movimento involuntário do mesmo durante a exposição, pode levar ao aparecimento de artefactos;
- Devido a variações anatómicas de pacientes, o operador pode manifestar dificuldades em adaptar corretamente o colar;

- Devido à sua constituição, este material pode interferir nos sistemas automáticos de controlo de exposição conduzindo a um aumento de dose em vez de uma diminuição (Hiles *et al.*, 2021).

Com base nas evidências atuais de efeitos estocásticos na tiroide, bem como nas evidências dosimétricas sobre o efeito dos colares de tiroide na dose equivalente para a mesma, são feitas as seguintes recomendações:

- A blindagem da tiroide deve ser rotineiramente utilizada em crianças, independentemente da posição do campo de visão;
- Um colar de chumbo com uma espessura de pelo menos 0,25 mm, bem ajustado ao pescoço, é o acessório de eleição;
- Os colares de tiroide não devem ser utilizados quando a visualização do tecido abaixo ou ligeiramente acima do nível axial da parte superior do colar for necessária;
- Se o equipamento CBCT possuir modulação de corrente de tubo, o uso de blindagem de tiroide deve ser evitado, a menos que seja posicionado fora do feixe primário com absoluta certeza (Pauwels *et al.*, 2019).

### **3.2. Óculos de chumbo**

Tanto o ICRP quanto o NCRP consideram a opacificação da lente do olho, induzida por radiação ionizante, como um efeito determinístico da radiação ionizante, e o ICRP observou que estudos mais recentes sugerem que estes efeitos podem ocorrer em doses menores do que se pensava anteriormente. Assim, recomenda a redução da dose equivalente anual da lente ocular de 150 mSv para 20 mSv (Goren *et al.*, 2013b).

De acordo com Prins (*cit. in* Goren *et al.*, 2013) a utilização de óculos de chumbo durante várias tomadas radiográficas de CBCT pode reduzir a dose absorvida pela lente ocular em 60% para uma rotação completa e em 38% para uma rotação parcial.

No entanto, na perspetiva de Hiles (2021), a utilização de óculos de chumbo não é recomendada para nenhum tipo de técnica radiográfica, estando o globo ocular dentro ou fora do campo de visão, alegando que segundo estudos realizados recentemente, as técnicas de limitação de dose são mais eficazes do que a proteção ocular.

### **3.3. Modo de utilização do equipamento para reduzir a dose de radiação**

Para além de medidas de radioproteção externas tais como colares e óculos de chumbo, a utilização correta e adaptada do equipamento pode levar a uma redução significativa da dose (Pauwels *et al.*, 2014).

A redução do tamanho da área irradiada, por colimação do feixe primário de raios X para a área de interesse, minimiza a dose de radiação. A maioria das unidades de CBCT pode ser ajustada para fazer a digitalização de pequenas regiões para diagnósticos específicos ou digitalizar todo o complexo craniofacial quando necessário. Um FOV ideal pode ser selecionado para cada paciente com base na apresentação da doença e na região designada a ser estudada (Scarfè, Farman e Sukovic, 2006).

Estudos mostram que a colimação para uma exposição maxilar ou mandibular resulta numa redução da dose efetiva de aproximadamente 29% e 24%, respetivamente (Chambers *et al.*, 2015).

Outra estratégia de otimização de dose, é a redução da trajetória do arco de rotação, que tem o potencial agregado de reduzir o tempo de aquisição da imagem. Para o mesmo tamanho e posição do FOV, uma rotação de 180° mostrou uma redução de 50% na dose absorvida pelo paciente (Pauwels *et al.*, 2014).

## **III. DISCUSSÃO**

No decurso desta revisão verificamos que atualmente é consensual e recomendado a utilização de colares de tiroide como medida de redução de dose de radiação ionizante absorvida pelo paciente.

Entre 2004 e 2006, houve uma divergência de opinião em relação à utilização de colares de tiroide por parte da ADA e NCRP. As diretrizes dadas por ambas em relação ao tema em questão eram ambíguas o que causou uma desordem por parte dos profissionais de saúde, não sabendo em que situações o deveriam utilizar (Goren *et al.*, 2013).

Em 2013, na “Declaração política sobre a proteção da tiroide durante o diagnóstico médico e radiologia dentária” publicada pela ATA, esta associação pede uma

reconsideração do requisito menos rigoroso de proteção de tireoide em adultos em comparação com crianças. De facto, embora o risco de cancro da tireoide num adulto induzido por radiação possa ser menor, merece ainda esforços para reduzi-lo, uma vez que o uso de um colar de chumbo é seguro e prontamente disponível. A ATA também recomenda que sejam feitos esforços para encorajar a conformidade das diretrizes da ADA e NCRP e reduzir tanto quanto o possível, as áreas de ambiguidade (ATA, 2013).

Em 2021 no relatório publicado pela ADA já é um ponto assente que as barreiras protetoras de tireoide devem ser sempre utilizadas (ADA, 2012).

Face à proteção ocular não existem tantos estudos e não é consensual a sua utilização. O ICRP expressa preocupação face à exposição da lente do olho à radiação mas assume que mais estudos necessitam de ser publicados para serem estipuladas diretrizes concretas (ICRP, 2007)

No último relatório publicado pela ADA, que se foca nos raios X e radiografias não é abordado o tema da radiosensibilidade da lente do olho nem medidas de proteção da mesma, o que leva a autora a refletir que há uma falha preocupante a nível das diretrizes dadas pelas associações reguladoras que regem a Medicina Dentária e cujas consequências se podem mostrar bastante graves.

Apesar do lapso de conhecimento em relação ao tema em questão, todos os meios possíveis para reduzir a exposição ocular que não interfiram na qualidade da imagem obtida devem ser utilizados. O uso de melhores práticas de imagem e métodos de radioproteção individual são fundamentais, no entanto está documentado que são grosseiramente subutilizados (Machan, 2018).

Durante a elaboração desta revisão narrativa, destacamos a dificuldade em obter artigos científicos recentes que se debrucem em medidas de radioproteção durante o exame de Tomografia Computorizada de Feixe Cónico, particularmente no que toca à proteção da lente ocular.

#### **IV. CONCLUSÃO**

No final desta Revisão Narrativa, a autora foi capaz de compreender as várias medidas de radioproteção bem como as suas indicações, essenciais durante a tomada radiográfica numa Tomografia Computorizada de Feixe Cónico.

De facto, os efeitos adversos da radiação ionizante são um tema que preocupa de forma transversal todos os profissionais de saúde bem como os pacientes. Não existindo um valor abaixo do qual a radiação seja considerada segura e isenta de riscos, todas as medidas que levem a uma redução de dose de radiação absorvida pelo paciente devem ser adotadas sempre que possível.

Na área da Radiologia Dentária os dois órgãos mais radiosensíveis e que, por esse motivo, são alvo de grande preocupação, são a tiroide e o globo ocular. Tanto a tiroide como a lente do olho localizam-se em regiões frequentemente irradiadas durante uma tomada radiográfica. Medidas de radioproteção externas como a utilização de um colar ou óculos de chumbo devem ser tidas em conta quando a qualidade da imagem obtida não é influenciada. Adicionalmente, a dose de radiação absorvida pelo paciente durante a Tomografia Computorizada de Feixe Cónico pode ser diminuída reduzindo o campo de visão para a região de interesse, e limitando a trajetória do arco de rotação.

Todas as medidas de redução de dose deveriam ser seguidas rigorosamente de modo a proteger todos os indivíduos envolvidos na exposição à radiação, uma vez que existem demasiadas evidências e associações entre a exposição radiográfica e o surgimento de efeitos nocivos para a saúde.

Apesar de existirem variados artigos relacionados com este tema, nem todos estão atualizados, o que leva a autora a concluir que seria benéfico haver uma investigação mais detalhada e uma atualização das regras de segurança e proteção radiológica.

## V. BIBLIOGRAFIA

- Abramovitch, K. e Rice, D.D. (2014). Basic principles of cone beam computed tomography. *Dental Clinics of North America*. W.B. Saunders. 58(3):463–484.
- Barnard, S.G.R. *et al.* (2016). Radiation protection of the eye lens in medical workers-basis and impact of the ICRP recommendations. *British Journal of Radiology*. British Institute of Radiology. 89(1060)
- Chambers, D. *et al.* (2015). The effective dose of different scanning protocols using the Sirona GALILEOS® comfort CBCT scanner. *Dentomaxillofacial Radiology*. 44(2).
- Corbett, R.H. e Faulkner, K. (1998). Justification in radiation protection. *The British Journal of Radiology*. 71(1998):905-907.
- Crane, G.D. e Abbott, P. v. (2016). Radiation shielding in dentistry: an update. *Australian Dental Journal*. Blackwell Publishing. 61(3):277–281.
- D’ippolito, G. e Medeiros, R.B. (2005). Exames radiológicos na gestação. 38(6).
- Goren, A.D. *et al.*, (2013). Effect of leaded glasses and thyroid shielding on cone beam CT radiation dose in an adult female phantom. *Dentomaxillofacial Radiology*. 42(6).
- Hall, E.J. e Giaccia, A.J. *Radiobiology for the radiologist*.
- Hiles, P. *et al.* (2021). European consensus on patient contact shielding. *Springer Science and Business Media Deutschland GmbH*. 12(149).
- Hoogeveen, R.C. *et al.* (2016) *The value of thyroid shielding in intraoral radiography*. 45(5)
- Horner, K. (1994) Radiation protection in dental radiology. *The British Journal of Radiology*. (44): 222-226
- Kiljunen, T. *et al.*, (2015). Dental cone beam CT: A review. *Physica Medica*. Associazione Italiana di Fisica Medica. 31(8): 844–860.
- Machan, L. (2018). The Eyes Have It. *Techniques in Vascular and Interventional Radiology*. 21(1):21-25.
- Memon, A. *et al.* (2019) Dental X-Rays and the Risk of Thyroid Cancer and Meningioma: A Systematic Review and Meta-Analysis of Current Epidemiological Evidence. *Thyroid*. 29(11): 1572–1593.
- Mupparapu, M. (2005). Radiation protection guidelines for the practicing orthodontist. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 128(2): 168–172.
- Nasseh, I. e Al-Rawi, W. (2018). Cone Beam Computed Tomography. *Dental Clinics of North America*. W.B. Saunders. 7(2): 361–391
- Pauwels, R. *et al.* (2014). Effective radiation dose and eye lens dose in dental cone beam CT: Effect of field of view and angle of rotation. *British Journal of Radiology*. 87(1042).
- Pauwels, R. *et al.* (2019). Thyroid shielding in cone beam computed tomography: Recommendations towards appropriate use. *Dentomaxillofacial Radiology*. 48(7).
- Pauwels, R. *et al.*, (2015). Technical Aspects of Dental Cone-beam CT. 44(1).
- Policy Statement on Thyroid Shielding During Diagnostic Medical and Dental Radiology American Thyroid Association* (2013).
- Qu, X.M. *et al.* (2012). Dose reduction of cone beam CT scanning for the entire oral and maxillofacial regions with thyroid collars. *Dentomaxillofacial Radiology*. 41(5): 373–378.
- Roberts, J.A. *et al.* (2009). Effective dose from cone beam CT examinations in dentistry. *British Journal of Radiology*. 82(973): 35–40.
- Scarfe, W.C. *et al.* (2012). Maxillofacial cone beam computed tomography: Essence, elements and steps to interpretation. *Australian Dental Journal*. pp. 46–60.

Scarfe, W.C. e Farman, A.G. (2008). What is Cone-Beam CT and How Does it Work?. *Dental Clinics of North America*. pp. 707–730.

Scarfe, W.C., Farman, A.G. e Sukovic, P. (2006). Clinical Applications of Cone-Beam Computed Tomography in Dental Practice. *Canadian Dental Association Journal*. pp. 75-80

Semelka, R.C. *et al.*, (2007). Imaging strategies to reduce the risk of radiation in CT studies, including selective substitution with MRI. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*. pp. 900–909.

Shortt, C.P. *et al.*, (2007). Thyroid dose during neurointerventional procedures: Does lead shielding reduce the dose?. *CardioVascular and Interventional Radiology*. pp. 922–927.

Silva Moura, W. *et al.* (2019). Factors influencing the effective dose associated with CBCT: a systematic review. *Clinical Oral Investigations*. pp. 1319–1330.

International Commission on Radiological Protection. (2007). *The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*. Canada, ICRP publication 103.

The American Dental Association Council on Scientific Affairs. (2012) The use of cone-beam computed tomography in dentistry. *Journal of the American Dental Association*. pp. 899–902.

Uliana Kay, F. *et al.* (2009) Diretrizes Assistenciais Radiação Ionizante nos Estudos Radiológicos.

White, S.C. e Pharoah, M.J. (2015). *Radiologia oral Fundamento e Interpretação*.