

Levi Rafael Santos Almada

Cone Beam em Endodontia

Universidade Fernando Pessoa

Porto

2010 / 2011

Levi Rafael Santos Almada

Cone Beam em Endodontia

Universidade Fernando Pessoa

Porto

2010 / 2011

Levi Rafael Santos Almada

Cone Beam em Endodontia

Trabalho apresentado à Universidade Fernando Pessoa
como parte dos requisitos para a obtenção do grau de
Mestre em Medicina Dentária.

(Levi Almada)

Porto, 2011

Resumo

A imagiologia como uma área de interesse à qual se recorre frequentemente em Medicina Dentária, tem vindo a evoluir muito nos últimos anos apresentando novas tecnologias. A Tomografia Computorizada de Feixe Cónico (CBCT) é uma dessas tecnologias mais recentes, que possibilita a visualização de imagens em três dimensões das estruturas dentárias e das estruturas ósseas adjacentes. Situações como identificação de canais radiculares “anormais” em quantidade e morfologia, detecção de fracturas radiculares verticais, avaliação do processo de recuperação pós tratamento, poderão ser melhor e mais facilmente identificadas e tratadas com esta nova opção imagiológica. O objectivo deste trabalho é analisar o uso da CBCT em Endodontia. Para isso recorreu-se a uma pesquisa na base de dados online PubMed e Scielo, limitando a pesquisa a publicações feitas após o ano 2008 inclusivé, de onde resultou a selecção de 42 artigos. Com a realização deste trabalho foi possível concluir que o uso CBCT em Endodontia é de facto uma mais-valia, constituindo uma excelente ferramenta de diagnóstico.

Abstract

Imaging, as an area of interest which is frequently used by dentistry, has evolved in recent years featuring new technologies. Cone Beam Computed Tomography (CBCT) is one of these newer technologies, which enables the visualization of three-dimensional images of dental structures and adjacent bone tissue. Situations as identification of abnormal number and morphology of root canals, detection of vertical root fractures, evaluation of healing process after treatment, may be better and more easily identified and dealt with this new imaging option. The aim of this study, is to analyze the use of CBCT in Endodontics. Online search was performed on PubMed and Scielo database, limiting the search to publications made after the year 2008 inclusive. This resulted in the selection of 42 articles. With this study, it was concluded that the use of CBCT in Endodontics is indeed a great asset, making it an excellent diagnosis tool.

Dedicatória

Aos meus pais,

Por nunca terem desistido de me educar, dar suporte, apoiar, e acima de tudo, de me incentivar a querer sempre mais, a ganhar sempre!

Aos meus avós,

Que sempre estiveram presentes, desempenhando um papel tão importante como os meus pais, educando-me e fazendo de mim uma pessoa melhor.

À Rita,

Por fazer parte da minha vida durante todos estes anos, apoiando-me nos momentos mais difíceis, dando-me motivação para continuar e nunca desistir.

Ao meu irmão,

Alguém de quem me orgulho muito, e a quem procuro servir sempre de exemplo.

Agradecimentos

Ao meu orientador, Mestre Miguel Albuquerque Matos, pela orientação, atenção e tempo que dedicou à realização desta Monografia, demonstrando total disponibilidade para me esclarecer e orientar.

A toda a minha família, que acompanhou todo o meu percurso académico, que se preocupou e mostrou interessada relativamente aos meus progressos.

À minha namorada, Rita, por me proporcionar todo o ambiente e estabilidade emocional para que a realização desta Monografia fosse possível.

A todos os meus amigos, naturalmente os mais chegados, mas também a todos os outros que de certa forma participaram em momentos da minha vida que mereceram estar presentes nas minhas recordações boas. Momentos esses que, inevitavelmente, me “empurraram” para o termo bem sucedido desta etapa da minha vida!

A todos, um emocionado e eterno MUITO OBRIGADO!!

Índice

Índice de Figuras	vi
Índice de Tabelas	vii
Introdução	1
Material e Métodos	3
Desenvolvimento	4
I - Diagnóstico em endodontia.....	4
I.1 - Exame Clínico	4
I.2 - Exame Radiográfico	5
I.3 - Testes de Sensibilidade Pulpar	6
II – Papel da Imagiologia em endodontia.....	6
II.1 – Imagiologia pré-operatória	7
II.2 – Imagiologia intra-operatória.....	7
II.3 – Imagiologia pós-operatória	8
II.4 – Limitações da imagiologia convencional (2D)	8
III – Cone Beam Computed Tomography (Tomografia computadorizada de feixe cónico)	11
III.1 – Produção da imagem 3D em CBCT	12
III.2 – Tipos de equipamento CBCT.....	14
III.2.1 – Posição do paciente aquando da recolha de imagem	14
III.2.2 – Volume da área irradiada	15
III.2.3 – Funcionalidade Clínica.....	15
III.3 – Doses de radiação	15
III.4 – Limitações / desvantagens do CBCT	18
IV – CBCT em Endodontia	19
IV.1 – Aplicações endodônticas específicas da CBCT	21
IV.1.2 – Análise da anatomia radicular.....	22
IV.1.3 – Identificação de patologias periapicais	25
IV.1.4 – Reabsorções radiculares	28
IV.1.5 – Fracturas radiculares	30
IV.1.6 – Planeamento pré-cirúrgico	33
IV.1.7 – Avaliação pós-operatória	35

Conclusão	38
Bibliografia.....	41

Índice de Figuras

Figura 1 – Esquema demonstrativo do funcionamento da imagiologia 2D	9
Figura 2 – Diagrama representativo do funcionamento básico do CBCT	12
Figura 3 – Visualização da interface geral do software de processamento de imagem	13
Figura 4 – Tipos de equipamentos CBCT de acordo com a posição do paciente	14
Figura 5 - Visualização de 7 canais radiculares num 1º molar superior através de um corte axial obtido por CBCT	24
Figura 6 - Visualização de 5 canais radiculares num 2º molar superior através de um corte axial por CBCT	24
Figura 7 – Lesão periapical no dente 3.5 visualizada por radiografia convencional....	27
Figura 8 - A mesma lesão observada na figura 6, mas com tecnologia CBCT	27
Figura 9 – Lesão quística visualizada por CBCT	28
Figura 10 - Radiografia convencional que evidencia lesão de reabsorção radicular posicionada por palatino e que sugere extensão para mesial	30
Figura 11 - Imagem obtida por CBCT do mesmo dente da figura 9, que confirma a lesão por reabsorção mostrando que é mais extensa, e identificando uma segunda zona de reabsorção por vestibular	30
Figura 12 - Radiografia de dente 2.1 depois de removida a sua coroa.....	31
Figura 13 - Corte coronal obtido por CBCT do mesmo dente 2.1, evidenciando fractura radicular vertical.....	31
Figura 14 - Radiografia convencional 2D	33
Figura 15 - Imagem obtida por CBCT, mostrando a fractura radicular que não é visível com radiografia convencional na figura 13	33

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Doses de radiação emitidas por CBCT de médio e grande FOV	17
Tabela 2 – Doses de radiação emitidas por CBCT de FOV localizado.....	18
Tabela 3 – Percentagem total de identificações correctas pelos 3 métodos imagiológicos	23
Tabela 4 – Percentagem de canais não identificados pelos 2 métodos indicados, comparando com CBCT, tendo em conta que com CBCT foram todos eles identificados	23
Tabela 5 – Média de canais identificados pelos 3 sistemas imagiológicos	24
Tabela 6 – Percentagens de sensibilidade e especificidade dos scans CBCT vs Radiografia periapical digital, em canais obturados e não obturados	32

Introdução

Os tratamentos endodônticos são actualmente tratamentos fiáveis. As técnicas introduzidas nos últimos 20 anos (microscopia clínica, instrumental rotatório, ultrasons, entre outros) têm permitido resolver casos cada vez mais complexos, com grande previsibilidade.

A área imagiológica também evoluiu neste período, sendo que, quer a fotografia clínica quer a radiografia convencional passaram a ter uma opção digital mais rápida e segura. (Scarfe *et al.*, 2009)

No entanto só podem oferecer imagens em duas dimensões de corpos tridimensionais.

Os exames radiográficos são essenciais para o sucesso do diagnóstico de patologias odontogénicas e não odontogénicas, tratamento da câmara pulpar e dos canais radiculares de dentes comprometidos através de acesso intra-coronário, instrumentação biomecânica, verificação da obturação final e avaliação do tratamento. A imagiologia serve todas as etapas do tratamento em endodontia. (Walton, 2008)

A evolução dos meios auxiliares de diagnóstico imagiológico, nos últimos anos foi benéfica mas por serem bidimensionais (2D), estes recursos oferecem ao profissional informação básica, mas que continua a ser insuficiente para evidenciar muitos detalhes determinantes e conhecer pormenores até agora ocultos e/ou difíceis de apreciar. (Scarfe *et al.*, 2009)

Em 1996, baseada nas pioneiras e convencionais Tomografias Computorizadas (TC), e micro-TC, surge a CBCT (Cone Beam Computed Tomography) maxilofacial, constituindo-se como a primeira tecnologia aplicável à prática clínica que fornece imagiologia tridimensional (3D) para considerações endodônticas. (Farman *et al.*, 2007)

A CBCT é uma modalidade de alto valor diagnóstico que oferece representações tridimensionais precisas e de alta qualidade dos elementos ósseos do complexo maxilofacial.

A primeira unidade de CBCT a ser aprovada para uso em medicina dentária, pela FDA (Food and Drug Administration) nos Estados Unidos da América foi o NewTom DVT-

9000 (Quantitative Radiology sri, Verona, Italy), a 8 de Março de 2001. (Scarfe *et al.*, 2009)

Na área da Endodontia, o uso da CBCT é útil para o entendimento da complexa anatomia radicular sendo uma ferramenta de diagnóstico com grande potencial na área de endodontia. (Kottoor *et al.*, 2009)

Também fornece informação precisa e reforçada para o diagnóstico de fracturas radiculares constituindo um meio alternativo de diagnóstico em medicina dentária (Bernardes *et al.*, 2009).

O uso desta tecnologia imagiológica deve ser considerado para verificar e monitorizar após o tratamento, a integridade e correcta obturação dos canais. (Scarfe *et al.*, 2009),

O interesse por este tema prende-se com o facto de actualmente se fazer todos os possíveis em Medicina Dentária por manter as peças dentárias em boca, muitas das vezes para isso, recorrendo à Endodontia.

Para atingir com sucesso o objectivo de preservar em boca a peça dentária, acometida por qualquer patologia, é, cada vez mais, necessário o recurso a novas tecnologias, que com o avançar dos tempos, vão permitindo a resolução e tratamento de casos cada vez mais complexos. A CBCT apresenta-se como uma dessas novas (recente) tecnologias.

Assim, este trabalho de revisão bibliográfica terá como objectivo a análise do uso da CBCT em endodontia, pois, sendo esta uma área da Medicina Dentária que recorre ao uso frequente de exames complementares imagiológicos, será pertinente avaliar e rever os resultados obtidos na prática clínica de endodontia, usando a CBCT.

Situações como fracturas verticais radiculares, número “anormal” de canais radiculares, reabsorções radiculares, verificação da obturação, poderão, eventualmente, ser melhor e mais rapidamente diagnosticadas e tratadas com o uso de CBCT do que com o uso das tradicionais radiografias 2D, uma vez que, segundo Scarfe *et al.* (2009), os sistemas de CBCT disponíveis, podem providenciar imagens de uma determinada área de interesse, com uma baixa dose de radiação, mas com uma resolução espacial suficiente para diagnósticos endodônticos, guias de tratamento e avaliação pós tratamento.

Também se pretende com este trabalho verificar se as doses de radiação emitidas pelos equipamentos CBCT são ou não vantajosas no que diz respeito à relação entre a dose emitida e a vantagem que a imagiologia 3D traz como auxiliar de diagnóstico e do tratamento propriamente dito.

Material e Métodos

Para a realização deste trabalho foi efectuada uma pesquisa através da biblioteca online nas bases de dados PubMed e Scielo, de artigos publicados desde 2008 inclusive, com as seguintes palavras-chave e combinações entre elas: *CBTC, Cone-Beam, endodontics, TVD, Tomografia Volumétrica Digital, root fracture, root canal obturation, filling, diagnosis tool, number of root canals*. Desta pesquisa resultou a selecção de 42 artigos que satisfaziam os requisitos pretendidos para a realização deste trabalho.

Para além desta pesquisa foi também realizada pesquisa manual na Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade Fernando Pessoa, na Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto e na Universidade de Aveiro. Desta pesquisa resultou um conjunto de artigos que serviram à realização deste trabalho.

Desenvolvimento

I - Diagnóstico em endodontia

O objectivo do diagnóstico é determinar qual o problema que afecta o paciente bem como o porquê do paciente estar a ser afectado por esse mesmo problema.

Conseguindo dar resposta a estes dois pontos, chegar-se-á ao tratamento indicado, no caso de ser necessário.

Até serem obtidas respostas para todos os “porquês”, não é possível fazer qualquer recomendação de tratamento apropriada, sendo por isso crucial fazer uma recolha metódica, planeada e sistemática de informação. (Cohen, 2006, p.1)

Em Endodontia, o processo de diagnóstico compreende três fases: exame clínico, exame radiográfico e testes de vitalidade pulpar, sendo que previamente deve ser recolhida a história clínica do paciente bem como questionar o mesmo acerca da localização, intensidade e magnitude da dor sentida, se é constante ou intermitente, localizada ou difusa, se existe algum estímulo específico que provoque a dor ou por outro lado algum que acalme. (Ruddle, 2002)

I.1 - Exame Clínico

Nesta fase o objectivo é avaliar o estado dos tecidos extra e intra orais, sendo que a partir do exame extra oral o médico dentista verifica a existência ou não, de simetria facial, coloração, presença de cicatrizes, traumatismos e análise do complexo orofacial no geral, não devendo ser esquecida a palpação dos nódulos linfáticos para despiste de linfadenopatias.

No exame intra oral é importante avaliar os tecidos moles, como a mucosa, a orofaringe, a língua e pavimento da boca registando a coloração, textura, continuidade do epitélio, edema ou presença de fístulas.

No que diz respeito aos tecidos duros, o exame intra oral regista a ausência de peças dentárias, fractura de dentes, anomalias de desenvolvimento, restaurações prévias mal adaptadas, presença de cárie, cáries recorrentes, lesões de atrição, abfraction, erosão ou abrasão. (Cohen, 2006, p. 1-10, Ruddle, 2002)

No caso da presença de edema ou infecção é possível que o suporte periodontal esteja afectado bem como a mobilidade do dente aumentada, devendo as raízes dos dentes afectados ser palpadas apicalmente, quer por vestibular quer por lingual/palatino uma vez que as lesões de origem endodôntica podem invadir a cortical óssea.

Testes de percussão devem ser realizados de forma cuidada, nos bordos incisais dos dentes anteriores e cúspides vestibulares e linguais de dentes posteriores, primeiro no sentido lateral e depois vertical.

A avaliação da articulação temporomandibular, dos músculos mastigatórios bem como da oclusão também deve ser efectuado, pois no fundo o exame clínico revela informação importante no que diz respeito à história dentária do paciente e pode servir como um indicador para a motivação da sua saúde oral. (Ruddle, 2002)

I.2 - Exame Radiográfico

Poucos testes de diagnóstico providenciam tanta informação útil como as radiografias dentárias, e por esta razão, muitas das vezes o clínico é tentado a fazer um diagnóstico prematuro baseado apenas no exame radiográfico, que, quando não é associado a uma correcta história clínica e exame clínico adequado pode levar a uma interpretação incorrecta daquilo que é a normalidade, e também ao incorrecto diagnóstico de patologias. (Scarfe *et al.*, 2009, Cohen, 2006, p. 16-19)

Por isto, é importante reconhecer o exame radiográfico apenas como uma fonte de sinais e pistas que levam ao diagnóstico.

Para motivos de diagnóstico, o paciente normalmente não necessita de ser submetido a mais do que duas exposições a radiação, ou seja, à partida duas radiografias com diferentes angulações serão suficientes para que seja possível realizar o diagnóstico. No entanto exceptuam-se situações como a existência de múltiplas raízes bem como

múltiplos canais, defeitos por reabsorção, fracturas radiculares, entre outras situações anormais, em que poderá ser necessário efectuar radiografias adicionais. (Cohen, 2006, p. 16-19)

A radiografia dentária providencia informação (para efeitos de tratamento endodôntico) acerca do tamanho da câmara pulpar bem como dos canais radiculares, assim como a presença de calcificações nos canais e bloqueios dos mesmos com materiais restauradores, orientação e angulação dos canais radiculares, confluências e bifurcações de canais. (Ruddle, 2002, Walton, 2008, Scarfe *et al.*, 2009))

I.3 - Testes de Sensibilidade Pulpar

Os testes de vitalidade pulpar são necessários e indispensáveis, para corroborar suspeitas de possíveis patologias supostamente identificadas pelo exame clínico e radiográfico. (Ruddle, 2002)

Dos mais comuns é o teste térmico, ao calor e ao frio. São vários os métodos e materiais utilizados para efectuar estes testes.

Deve ser considerada resposta normal (sem presença de patologia) quando o paciente refere ter sentido quer o calor, quer o frio, mas que após a remoção do estímulo a sensação desaparece.

Respostas anormais ou patológicas são aquelas em que a sensação de quente ou frio permanece durante vários minutos ou horas, ou em que, aquando da colocação do frio ou quente junto do dente, o paciente experiencia uma sensação bastante dolorosa e insuportável. (Cohen, 2006, p. 11-13)

II – Papel da Imagiologia em endodontia

A radiografia intra oral passou a ter um papel importantíssimo na odontologia desde que foi utilizada pela primeira vez em 1895, poucas semanas depois da descoberta acidental dos raio-x por Roentgen.

Desde essa altura que se apresenta como um meio auxiliar de diagnóstico indispensável, por permitir conhecer informação importante do interior do corpo. (Langland *et al.*, 1995, Jacobsohn *et al.*, 1995)

No que à Endodontia diz respeito, a importância do raio-x ficou patente quando Kells, em 1899 reportou a sua grande utilidade ao visionar um fio metálico dentro de um canal, podendo assim determinar o seu comprimento.

É uma importante ferramenta de diagnóstico e não só, também é muito útil durante e após o tratamento endodôntico tanto a curto como a médio/longo prazo. Ao clínico cabe a responsabilidade de obter e interpretar as radiografias, diferenciando estruturas sãs e normais, de estruturas anómalas e alteradas devido a patologias, por meio de análise criteriosa de diferentes graus de radiolúidez e radiopacidade, bem como sombras presentes nas películas radiográficas. (Langland *et al.*, 1995, Jacobsohn *et al.*, 1995, Scarfe *et al.*, 2009)

II.1 – Imagiologia pré-operatória

Antes de iniciar o tratamento endodôntico a radiografia providencia informações acerca do dente, alvéolo e tecidos duros adjacentes bem como de alterações patológicas permitindo realizar um correcto diagnóstico.

Informa sobre a morfologia dentária, localização e número de canais radiculares assim como do grau de calcificação dos mesmos, tamanho da câmara pulpar, direcção e curvatura dos canais, fracturas radiculares, defeitos iatrogénicos, e sobre efeitos de doença peri-radicular e perapical, como reabsorção óssea.

A radiografia pré-operatória irá permitir também a preparação do médico dentista para potenciais complicações que possam surgir durante o tratamento. (Scarfe *et al.*, 2009)

II.2 – Imagiologia intra-operatória

O raio-x intra-operatório, ou seja, durante o tratamento endodôntico, é indispensável. Por norma, são necessários dois raio-x, um que auxilia na determinação do comprimento de trabalho, obtendo-se este mesmo através do posicionamento de uma

lima no interior do canal, marcada com o comprimento estimado a partir do raio x inicial.

É importante esta etapa pois é a partir do cálculo do comprimento de trabalho que é possível instrumentar os canais, com um risco reduzido de extravasamento de material para além do apex radicular.

Além desta radiografia é ainda realizada uma segunda durante a fase intra-operatória para verificar se o cone principal de obturação do canal está bem ajustado ao canal radicular, quer em termos de comprimento quer de calibre apical. (Walton, 2008)

II.3 – Imagiologia pós-operatória

No final do tratamento endodôntico, é realizada uma radiografia final, para verificar como ficou a obturação, em termos de condensação, selamento e correcto comprimento de obturação. A imagiologia é também importante para avaliar a longo prazo o tratamento efectuado, por exemplo em casos em que a lesão peri-radicular é extensa e que por norma o processo de recuperação é mais prolongado. (Rushton *et al.*, 2001, Scarfe *et al.*, 2009))

II.4 – Limitações da imagiologia convencional (2D)

A radiografia intra-oral convencional requer uma configuração geométrica ideal entre o cone emissor de raio-x, a área a ser radiografada, e a película ou sensor, para produzir uma projecção correcta do dente e das suas estruturas circundantes. (Figura 1)

Se por qualquer razão esta configuração não for óptima, ou houver alteração do posicionamento de qualquer dos elementos, daí pode resultar uma radiografia com pouco ou nenhum valor ou mesmo bastante distorcida, que por sua vez poderá levar o clínico a erros de diagnósticos e possíveis erros no tratamento, bem como interpretações incorrectas de radiografias finais, induzindo em erro o clínico. (Gröndahl *et al.*, 2004)

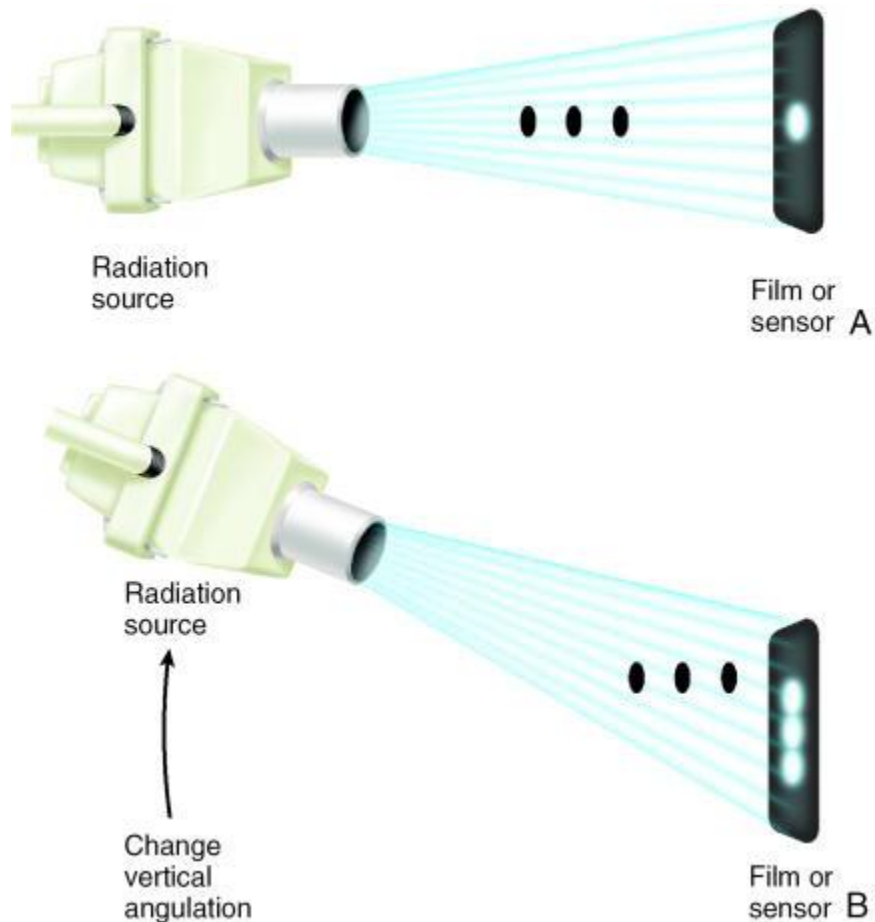


Figura 1 - No esquema A é demonstrado que se os objectos se encontrarem sobre o mesmo plano, e a fonte emissora de raio-x for colocada perpendicularmente a este, na película os objectos vai aparecer sobrepostos. No esquema B é demonstrado que só se der determinada angulação é possível ver os objectos separadamente. (In Cohen, 2006, p. 18)

A avaliação radiográfica de patologias endodônticas pode por vezes ser bastante subjectiva, tendo em conta o uso de imagiologia convencional em duas dimensões. (Cohen, 2006, p. 18).

Segundo Goldman et al, (*cit. in.* Cohen, 2006, p. 17) um estudo em que foi proposto a cinco clínicos, dois deles especializados em endodontia e a professor de radiologia, que avaliassem casos de patologias endodônticas radiograficamente, o resultado foi que em apenas 50% dos casos houve concordância no diagnóstico.

Para além disso, passados alguns meses, os mesmos casos foram apresentados aos mesmos clínicos referidos anteriormente, e em apenas 75%-83% houve concordância em relação aos seus próprios diagnósticos originais.

Assim sendo, é preciso ter presente que a imagiologia convencional 2D, sugere apenas o que se pretende avaliar, por si só, não determina aquilo que se passa na realidade. (Gröndhal & Hummonen, 2004)

Apenas fornece informação relativa que carece sempre de confirmação clínica, sugerindo apenas aquilo que realmente é a complexa anatomia canalar, não sendo muitas vezes possível observar nem identificar canais laterais e acessórios entre outras anomalias.

Não permite avaliar o estado de inflamação pulpar nem permite emitir um diagnóstico definitivo uma vez que só apresenta informações acerca do tecido ósseo; por vezes pode fazer com que lesões que não afectem a cortical óssea passem despercebidas

Também não fornece uma réplica da direcção das raízes mas sim uma projecção, não permite observar linhas de fissuras e pode ser muito difícil observar fracturas radiculares, dependendo da sua localização e complexidade. Além disto, não regista tecidos moles e por norma é difícil observar todos os canais em uma só imagem. (<http://www.carlosboveda.com/tvd.htm>, Scarfe *et al.*, 2009, Gröndhal & Huumonen, 2004)

Com a imagiologia convencional, há informação essencial da anatomia tridimensional dos dentes e estruturas adjacentes que permanece obscura, mesmo empregando as melhores técnicas de paralelismo, a sobreposição e distorção das estruturas radiografadas é inevitável. (Patel *et al.*, 2007)

Por outro lado, para obter uma radiografia de qualidade aceitável mesmo tendo em conta estas desvantagens, segundo Cohen (2006), muitos factores podem influenciar a interpretação radiográfica, começando pela habilidade da pessoa que tira a radiografia, a qualidade da película, a qualidade da fonte emissora de raio-x, a qualidade do processador de imagem (que revela a radiografia).

Por si só, controlar todo este conjunto de factores já é um grande desafio.

III – Cone Beam Computed Tomography (Tomografia computadorizada de feixe cónico)

A tecnologia de tomografia de feixe cónico existe desde 1980, no entanto, só recentemente a convergência da tecnologia com as suas aplicações é reconhecida como uma opção viável e útil no consultório dentário. (Cotton *et al.*, 2007)

A CBCT constitui uma nova modalidade imagiológica que fornece representações tridimensionais precisas e de alta qualidade, dos elementos ósseos do complexo maxilofacial. (<http://www.carlosboveda.com/tvd.htm>)

A tomografia computadorizada de feixe cónico apresenta grandes vantagens como a grande capacidade de resolução submilimétrica, a baixa dose de radiação e grande potencial para fornecer imagens maxilo-faciais. (William, *et al.*, 2006)

Duas inovações permitiram e levaram ao desenvolvimento deste sistema de tratamento de imagem.

A primeira delas foi a evolução para o campo da imagiologia digital. Depois, os avanços relativamente à capacidade tecnológica de aquisição de elevadas quantidades de dados permitiram chegar à imagiologia detalhada 3D (Scarfe, 2005).

O baixo custo actual de excelente material informático, cones de emissão de raio-x e o desenvolvimento de excelentes painéis detectores de raio x aumentaram o potencial destes sistemas imagiologicos bem como as possibilidades de ser adquiridos tornando-se uma realidade nos consultórios dentários. (Arnheiter *et al.*, 2006, Siewerdsen & Jaffray, 2000, Baba *et al.*, 2002)

Com a CBCT, toda a informação 3D é conseguida através de uma única rotação do scanner usando uma relação directa entre o sensor detector de raio-x e a própria fonte de emissão dos mesmos (ambos giram em torno do paciente).

O cone de emissão de raio-x imite um feixe cónico e o sensor detector de raio-x captura um volume cilíndrico ou esférico de dados denominado por campo de visão (field of view – FOV). O tamanho do FOV é variável, consoante o tipo de equipamento CBCT. (Patel *et al.*, 2007) (Figura 2)

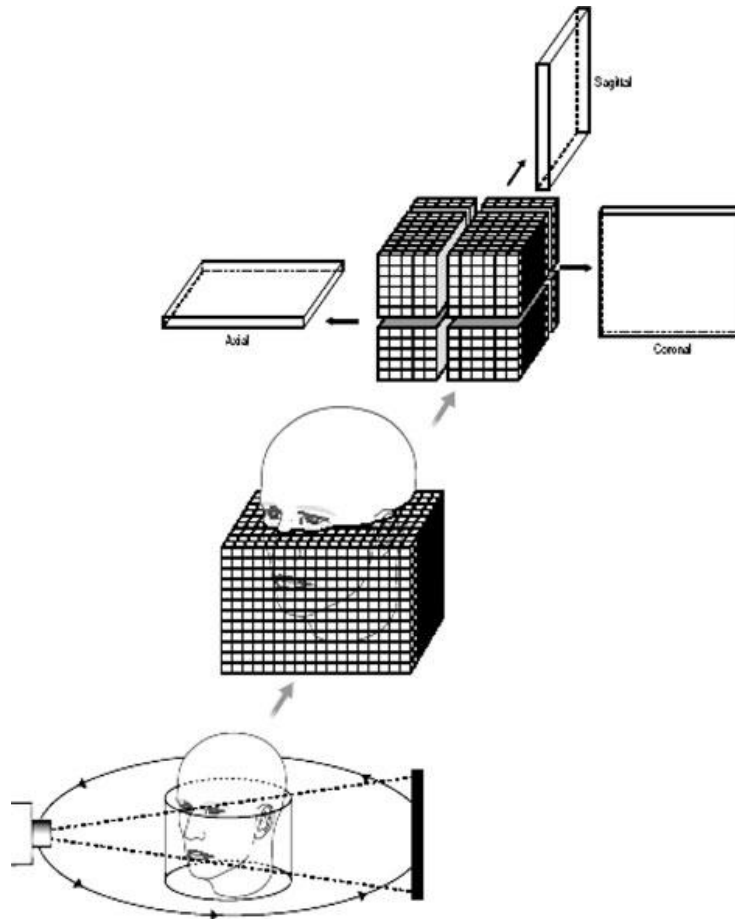


Figura 2 – Diagrama representativo do funcionamento básico do CBCT (In Patel *et al.*, 2007)

III.1 – Produção da imagem 3D em CBCT

São reconhecidas quatro etapas. A primeira delas, configuração de aquisição de imagem.

Nesta etapa importa referir: o gerador de raio-x, que emite um feixe de radiação pulsátil coincidente com a actividade do sensor receptor de raio-x, diminuindo assim o tempo total de exposição à radiação e o campo de visão (FOV) que depende, à partida do tamanho e forma do sensor receptor de raio-x, a geometria do feixe, e a habilidade para o centrar, podendo limitar o FOV para uma área de interesse apenas, diminuindo a área irradiada.

A segunda etapa é a detecção da imagem que está directamente relacionada com a resolução e detalhe das imagens obtidas, sendo que estas características da imagem são determinadas pelo voxel – elemento de volume (unidade de volume básica produzida

pela captura volumétrica dos dados). É a unidade mais pequena de volume assim como o é o pixel em dados 2D.

Consoante o tipo de sensor detector da radiação emitida utilizado pelo equipamento CBCT, a dimensão do voxel poderá variar, variando assim a qualidade e detalhe da imagem capturada.

A terceira e a quarta etapa dizem respeito à reconstrução da imagem que é realizada num computador normal, e à apresentação da informação recolhida num software próprio, respectivamente. (<http://www.carlosboveda.com/tvd.htm>) (Figura 3)

O tempo de exposição para o scanner CBCT efectuar a recolha de imagem varia consoante o equipamento, e consoante o tipo de “programa” seleccionado, isto é, o tempo de scan está directamente relacionado com o tamanho da área seleccionada para efectuar a recolha de informação imagiológica.

Regra geral, a média de tempo levado para recolha das imagens através da CBCT, ronda os 20 segundos, e o processamento de imagem cerca de dois minutos. (Patel *et al.*, 2006)



Figura 3 – Visualização da interface geral do software de processamento de imagem (*In* <http://www.carlosboveda.com/tvd.htm>)

III.2 – Tipos de equipamento CBCT

Actualmente os equipamentos CBCT podem ser classificados de acordo com três critérios: posição do paciente aquando da recolha da imagem, quanto ao volume da área irradiada e quanto à funcionalidade clínica. (Scarfe *et al.*, 2009)

III.2.1 – Posição do paciente aquando da recolha de imagem

É possível realizar a CBCT com o paciente em três posições: deitado, de pé, e sentado, sendo que os equipamentos que fazem a recolha de imagem com o paciente deitado são de maiores dimensões e dificultam o acesso por parte de pacientes incapacitados em termos motores.

Por outro lado, os equipamentos CBCT, que requerem o posicionamento do paciente de pé, não são aplicáveis em pacientes que se encontrem em cadeira de rodas por exemplo.

Assim, a melhor opção serão os equipamentos que utilizam a posição sentada do paciente, no entanto é de considerar que o mais importante não será tanto a posição do paciente mas sim o mecanismo usado para imobilizar a cabeça do paciente durante a recolha de imagem. (Scarfe *et al.*, 2009)



Figura 4 – Tipos de equipamentos CBCT de acordo com a posição do paciente. (In <http://www.carlosboveda.com/tvd.htm>)

III.2.2 – Volume da área irradiada

De acordo com este critério, que está dependente primariamente do tamanho e forma do detector, bem como da geometria do feixe cónico de radiação, os equipamentos podem ser classificados como CBCT localizado – área de 5 cm ou menos, CBCT de arco individual – 5 a 7 cm, CBCT inter-arcada – 7 a 10 cm, CBCT maxilofacial – 10 a 15 cm e CBCT craniofacial - mais de 15 cm. (<http://www.carlosboveda.com/tvd.htm>)

Geralmente, quanto menor for o volume da área irradiada, maior será a resolução espacial da imagem recolhida.

O primeiro equipamento de CBCT localizado possibilitava uma resolução de 0.125 mm. Em 2009 a resolução deste tipo de equipamentos varia já entre 0.4 e 0.076 mm. (Scarfe *et al.*, 2009)

III.2.3 – Funcionalidade Clínica

Actualmente encontram-se disponíveis equipamentos híbridos, que combinam a possibilidade de realizar CBCT de pequeno a médio campo de visão, e a realização de radiografias panorâmicas digitais de elevada definição e qualidade.

Esta é uma opção verdadeiramente válida para aplicações endodônticas, em que o que realmente interessa geralmente, são pequenos campos de visão de áreas limitadas da cavidade oral. Este tipo de CBCT reduz as doses de radiação a que o paciente é submetido bem como o tempo de processamento da informação.

Provavelmente, para um cirurgião maxilofacial, que realiza cirurgias ortognáticas e reabilitações extensas este tipo de equipamento será muito restritivo, no entanto para um endodontista é sem dúvida um equipamento indicado. (Farman *et al.*, 2008, Scarfe *et al.*, 2008,)

III.3 – Doses de radiação

No que diz respeito à dose de radiação tomada pelo paciente, é certo que se devem fazer todos os possíveis para reduzir a quantidade a que o paciente é exposto.

Para calcular a dose de radiação a que o paciente é sujeito, recorre-se ao cálculo da dose de radiação efectiva, que é medida em Sieverts (Sv). É uma unidade de medida grande,

e por isso, na área de imagiologia maxilofacial usa-se o mili-(10^{-3} ; mSv) ou o micro-(10^{-6} ; μ Sv).(Scarfe *et al.*, 2009)

Para o cálculo adequado da radiação efectiva, são necessários outros dois parâmetros: A dose de radiação absorvida, que corresponde à quantidade de energia absorvida do feixe de radiação, por unidade de massa de tecido, sendo medida em joules por quilograma, e a dose de radiação equivalente, que é definida como a medida que indica o efeito radiobiológico de determinada radiação nos tecidos.

Com cálculos matemáticos que envolvem os parâmetros referidos, é possível obter um valor de dose de radiação efectiva multiplicando a dose de radiação equivalente, por cada factor de peso de cada tecido irradiado (varia consoante a localização e órgão irradiado) obtendo-se assim um valor total de radiação efectiva (em Sv), que permitirá que doses de radiação de diferentes investigações e estudos sejam correctamente comparadas, servindo para além disso, para estimar o dano causado pela radiação, a uma população exposta. (Patel *et al.*, 2007, Valentine, 2009)

Existem vários parâmetros que irão fazer variar as doses de radiação neste tipo de equipamentos CBCT, começando pela voltagem utilizada (kVp), feixe de radiação pulsátil ou contínuo, quantidade, tipo e tamanho de filtração do feixe, tamanho do campo de visão (FOV), a quantidade de imagens adquiridas, o grau de rotação, isto é, se o scan é feito de uma forma completa (360^0) ou parcial, pois é possível seleccionar todas essas opções. (Scarfe *et al.*, 2009, Patel, *et al.*, 2007, Pawels *et al.*, 2010)

Regra geral, quanto menor é o campo de visão (FOV), menor será a dose de radiação aplicada. Este é um dos factores que pode ser regulado e corrigido pelo operador, ao contrário do tipo e qualidade de filtração do feixe, que é característico de cada equipamento. (Roberts *et al.*, 2009, Ludlow *et al.*, 2006)

A escolha de um FOV mais pequeno, tamanho de voxel mais pequeno, tempo de exposição mais reduzido, e utilização de feixe pulsátil, é recomendada. E no que se refere à área de Endodontia, é uma opção perfeitamente suficiente. (<http://www.carlosboveda.com/tvd.htm>) (Tabela 2)

CBCT unit	Ref.	Technique	Dose ^a		
			Absolute	Comparative	
			Effective dose ^a (μSv)	Digital panoramic equivalent ^b	No. of days of annual per capita background ^c
CB MercuRay	[16]	100 kVp 12-in/9-in/6-in	479/402/369	34/29/26	58/49/45
	[16]	120 kVp 12-in/9-in/6-in	761/680/603	54/49/40	93/83/73
	[17]	Implant mode	511	36.5	62
	[18]	19 cm (Max/Stand)/15 cm Pan/10 cm I	1073/569/560/407	77/41/40/20	131/69/68/50
Galileos	[18]	Default/Maximum	70/128	5/9.1	8.5/15.6
i-Cat Next Gen	[18]	(portrait-17 cm/landscape-13 cm)	74/87	5.3/6.2	9/10.6
i-Cat Classic	[19]	22 cm/13 cm (40 s/10 s)	82/77/48	5.9/5.5/3.4	10/9.4/5.8
	[20]	6 cm Mn (HR/LR)	189/96	13.5/6.86	23/11.7
	[20]	6 cm Mx (HR/LR)	93/59	6.6/4.2	11/7.2
	[20]	22 cm/full	206/134	14.7/9.6	25/16
	[21]	13 cm	61.1	4.4	7.4
Iluma	[18]	20 s/40 s	98/498	7/35.6	11.9/60.6
Newtom 9000	[21]	23 cm	56.2	4	6.9
Newtom 3G	[22]	12-in (Male/female)	93/95	6.6/6.8	11.3/11.6
	[18]	19 cm	68	4.9	8.3
	[19]	6/9/12-in	57/191/30	4/13.6/2.1	6.9/23.2/3.7

^aUsing 2007 ICRP calculations.

^bMedian of published effective dose for digital dental panoramic radiography = 14 μSv .

^cAnnual per capita = 3.0 mSv (3,000 μSv) per annum.

Tabela 1 – Doses de radiação emitidas por CBCT de médio e grande FOV. (In Scarfe *et al.*, 2009)

Segundo Arai *et al.* (*cit. in. Patel et al.*, 2007), a dose efectiva aplicada por um equipamento CBCT de campo de visão localizado (ou seja, de FOV reduzido - menos de 5 cm) é equivalente a duas ou três radiografias periapicais.

Para Danforth & Clark (*cit. in Patel et al.*, 2007) uma série radiográfica de periapicais de todos os dentes implica uma dose de radiação efectiva equivalente a dose emitida por um equipamento de CBCT de grande volume. (Tabela 1)

CBCT unit	Ref.	Technique	Dose ^a		
			Effective dose ^a (μ Sv)	Comparative	
				Digital panoramic equivalent ^b	No. of days of annual per capita background ^c
Kodak 9000 3D	[30]	Mx Post/Mx Ant/Mn Post/Mn Ant	9.8/5.3/38.3/21.7	.7/1.4/2.7/1.6	1.2/.6/4.7/2.6
PreXion 3D	[18]	Standard/High Res	189/388	13.5/27.7	23/47
ProMax 3D	[18]	Small/Large	488/652	35/47	59/79
3D Accuitomo	[23]	Ant (4 × 4 cm/6 × 6 cm)	20/43	1.4/3.1	2.5/5.2
	[24]	Min (Mn PM)—Max (Mn 3rd Mol)	11–77	.8–5.5	2.5–5.2
	[19]	Mx (Ant/PM/Mol)	29/44/29	2/3.2/2	3.5/5.3/3.5
		Mn (Ant/PM/Mol)	13/22/29	.9/1.6/2	1.6/2.7/3.5
	[17]	II/FPD Large/FPD Small	30/102/50	2.1/7.3/3.6	3.6/12.4/6
Veraview	[23]	Ant (4 × 4 cm/8 × 4 cm/pan + 4 × 4 cm)	31/40/30	2.2/2.9/2.1	3.8/4.9/3.6
	[25]	4 × 4 cm	2.9	.2	.06

^aUsing 2007 ICRP calculations.

^bMedian of published effective dose for digital dental panoramic radiography = 14 μ Sv.

^cAnnual per capita = 3.0 mSv (3,000 μ Sv) per annum.

Tabela 2 – Doses de radiação emitidas por CBCT de FOV localizado. (In Scarfe *et al.*, 2009)

A dose de radiação emitida para uma radiografia panorâmica pode variar entre os 5,5 e os 22,0 μ Sv, enquanto uma radiografia cefalométrica digital poderá ter uma dose de radiação entre os 2,2 e os 3,4 μ Sv. (Ludlow *et al.*, 2003, Gijbels *et al.*, 2004)

A CBCT permite a aquisição de imagens tridimensionais das arcadas dentárias e estruturas circundantes com uma elevada resolução espacial e com uma baixa dose de radiação. (Pawels *et al.*, 2010)

III.4 – Limitações / desvantagens do CBCT

Como qualquer recente tecnologia, a tomografia computadorizada de feixe cônico apresenta ainda algumas limitações.

Segundo Zhang *et al.* (2007), uma das limitações é a impossibilidade de se avaliarem os tecidos moles, situação pela qual se estão a fazer novos avanços para desenvolver novos algoritmos que tornem a visualização de tecidos moles possível.

Outra das limitações é a impossibilidade de regular a kVp (kilo-vtagem) e os mAs (miliampères) aplicados durante a recolha de imagem. (William *et al.*, 2006)

Apesar das inúmeras vantagens, no uso destes equipamentos, podem eventualmente surgir artefactos nas imagens obtidas, que estão relacionados com o feixe do raio-x, com a posição do paciente e também com o equipamento. (<http://www.carlosboveda.com/tvd.htm>)

Se durante a recolha de imagem houver algo que interfira na transmissão do feixe para o sensor receptor de raio-x, esse mesmo receptor não vai recolher informação correcta de todas as direcções.

A interposição de materiais mais densos como coroas metálicas e implantes (titânio) vai reduzir o volume de radiação que chega ao sensor receptor, fazem com que as reconstruções das imagens recolhidas não sejam tão precisas. (Bruce *et al.*, 2008)

Cada equipamento tem os seus próprios algoritmos de processamento de imagens, e neste aspecto existe alguma disparidade no que à qualidade da imagem tridimensional final diz respeito, independentemente do tamanho do voxel do respectivo equipamento. (<http://www.carlosboveda.com/tvd.htm>)

Segundo Bruce *et al.*, (2008) outro factor que pode ser considerado uma desvantagem, é o elevado custo deste equipamento para um consultório dentário (US\$150.000 – US\$300.000).

IV – CBCT em Endodontia

Ao recorrer às radiografias tradicionais (convencionais ou digitais), é recomendável recolher várias películas com angulações variáveis para obter informação suficiente acerca de dentes que necessitem de tratamento endodôntico.

Estas radiografias são indispensáveis para diagnóstico e tratamento endodôntico.

Com a tecnologia CBCT a informação recolhida é muito mais completa e a necessidade de efectuar várias radiografias desaparece.

Nenhuma outra técnica radiográfica em duas dimensões (radiografia panorâmica, cefálica, intra-oral) revela tanta informação como a CBCT. (Scarfe *et al.*, 2009)

A tecnologia CBCT torna possível eliminar sobreposições de estruturas, através da obtenção de imagens sagitais, coronais e axiais. (Patel *et al.*, 2007)

Com esta ferramenta, o clínico tem a possibilidade de examinar todo o volume de informação obtida ou ver simultaneamente secções a duas dimensões de cortes axiais, coronais ou sagitais. (Cotton *et al.*, 2007)

Em Endodontia, o sucesso do tratamento é tanto maior quanto mais precocemente é diagnosticada a patologia. Neste sentido a CBCT constitui uma importante ferramenta uma vez que as lesões peri-radulares evidenciadas pela radiolúidez em torno do ápice, são mais cedo detectadas através da CBCT do que com imagiologia convencional.

Em situações de fraca sintomatologia localizada associada a um dente não tratado ou até previamente tratado mas que não evidencia qualquer alteração peri-radicular numa radiografia convencional 2D, a CBCT deve ser indicada para detectar a presença de patologias não diagnosticadas previamente. (Nakata *et al.*, 2007)

Segundo Friedman, (2002), o uso de CBCT leva à detecção de 62% mais áreas radiolúcidas de raízes individuais de molares maxilares e mandibulares quando comparada com duas radiografias periapicais anguladas.

É importante a escolha do tipo de equipamento CBCT consoante a aplicação clínica desejada.

Na área de Endodontia, o CBCT localizado será a melhor opção uma vez que ao reduzir o campo a uma área mais restrita (três ou quatro dentes, o que é suficiente em Endodontia) a dose de radiação efectiva diminui, e a qualidade e resolução da imagem obtida tende a aumentar.

Certo é que, em Endodontia é necessário obter imagens o mais precisas possível. A anatomia dos canais radiculares, calcificações a presença de fissuras, deverá ser correctamente observadas numa imagem tridimensional. (Scarfe *et al.*, 2009, Farman *et al.*, 2008)

Não existe actualmente nenhum critério de selecção de casos endodônticos que requeiram ou não o uso de CBCT, no entanto o uso da mesma como meio de diagnóstico não deve ser evitado ou ignorado.

A decisão de submeter o paciente à radiação deve ser responsável, tendo como base o princípio de que o paciente será submetido apenas à dose de radiação necessária para realizar um correcto diagnóstico e obter guiais fiáveis de tratamento. (Scarfe *et al.*, 2009)

Actualmente têm vindo a ser identificadas cada vez mais aplicações específicas da CBCT em Endodontia, à medida que o uso desta tecnologia se vai tornando mais comum. (Cotton *et al.*, 2007)

A CBCT permite a visualização das relações anatómicas dos ápices radiculares com estruturas adjacentes como o seio maxilar, nervo dentário inferior e foramen mentoniano. (Patel *et al.*, 2007)

Ainda que possa ser questionada a sua mais-valia, ou até considerada um exagero, a CBCT é sem duvida uma ferramenta imagiológica que sem dúvida trás vantagens à Medicina Dentária, em particular à endodontia. Que clínico não deseja ter ao seu dispor mais informação e poder ampliar a mesma? (<http://www.carlosboveda.com/tvd.htm>)

IV.1 – Aplicações endodônticas específicas da CBCT

Aplicações específicas como o diagnóstico de patologia endodôntica, avaliação e verificação da anatomia canalar, acesso a patologias de origem não endodôntica, avaliação de traumas e fracturas radiculares, análise de reabsorções radiculares externas e internas e planeamento pré-cirúrgico, atribuem à tomografia computadorizada de feixe cónico um papel importante na prática clínica da endodontia moderna. Para muitos uma tecnologia exagerada para uso no consultório dentário, mas para outros, uma tecnologia que deverá, progressivamente, vir a substituir a imagiologia convencional 2D na área de endodontia. (Cotton *et al.*, 2007, Wu *et al.*, 2009)

IV.1.2 – Análise da anatomia radicular

O sucesso do tratamento endodôntico depende em muito, da identificação de todos os canais radiculares, para que o acesso, instrumentação e obturação seja possível de realizar. (Vertucci, 1984)

O conhecimento da anatomia radicular é um pré-requisito indispensável para o sucesso do tratamento endodôntico, sendo particularmente importante o cálculo do comprimento de trabalho bem como calibre/diâmetro apical inicial. (Michetti *et al.*, 2010)

Com o uso de radiografias convencionais, a avaliação clínica da anatomia radicular é limitada, uma vez que a variação anatômica radicular é elevada e ocorrem frequentemente sobreposições que impossibilitam a visualização de canais acessórios. (Ramamurthy *et al.*, 2006)

Utilizando a CBCT, é possível visualizar a morfologia radicular dos canais em três dimensões, assim como o número de canais, os pontos e graus de convergência e divergência e o seu tamanho. Canais não tratados ou com tratamento defeituoso também serão possíveis de visualizar.

Tais informações podem não ser possíveis de obter recorrendo à imagiologia convencional, mesmo que tirando várias radiografias periapicais de diferentes ângulos. (Patel *et al.*, 2007, Scarfe *et al.*, 2009, Cotton *et al.*, 2007)

A prevalência de um segundo canal mesio-vestibular no primeiro molar maxilar varia de 69% a 93%. Esta variabilidade anatômica ocorre no plano vestibulo-palatino onde, usando imagiologia convencional, irá ocorrer a sobreposição de estruturas anatômicas, impedindo a visualização de alterações de estruturas menos densas. (Pineda *cit in.* Scarfe *et al.*, 2009, Nance *et al.*, 2000)

Segundo Ramamurthy *et al.* (*cit. in.* Scarfe *et al.*, 2009), utilizando imagiologia 2D, raramente é possível detectar em mais de 50% das ocasiões um segundo canal mesio-vestibular do primeiro molar maxilar.

Matherne *et al.* (2008), realizou um estudo em que o objectivo era comparar a precisão, em termos de identificação de número de canais radiculares, de dois sistemas de imagiologia digital em duas dimensões e a imagiologia tridimensional da CBCT.

Para isso foram recolhidos 72 dentes, 24 primeiros molares maxilares, 24 primeiros pré-molares mandibulares e 24 incisivos mandibulares.

Depois de radiografados pelos dois sistemas digitais, CCD – Charge-coupled device, e PSP – Photostimulatable phosphor, e submetidos ao scan por um equipamento CBCT (ISI – CAT Imaging System International, INC, Hatfield, PA) as radiografias e as imagens obtidas por CBCT foram avaliadas por três endodontistas certificados.

Comparado com o uso de CBCT, apenas 76% - 84% dos canais radiculares foram identificados pelos dois sistemas digitais 2D, e em termos de identificação individual por dente, os endodontistas, usando o CCD e o PSP, falharam na identificação de pelo menos um canal, em quatro de cada dez dentes.

Endodontist evaluator	CCD (% correct)	PSP (% correct)	CCD & PSP (% correct)	CBCT
1	80	81	81	100
2	78	76	77	100
3	77	84	81	100
All	78	80	79	100

Tabela 3 – Percentagem total de identificações correctas pelos 3 métodos imagiológicos. (In Matherne *et al.*, 2008)

Digital system	Missed 1 RCS in a tooth	Missed 2 or more RCSs in a tooth	Total
CCD	36%	5%	41%
PSP	37%	3%	40%

Tabela 4 – Percentagem de canais não identificados pelos 2 métodos indicados, comparando com CBCT, tendo em conta que com CBCT foram todos eles identificados. (In Matherne *et al.*, 2008)

Tooth type	Average no. of RCSs identified with CCD	Average no. of RCSs identified with PSP	Average no. of RCSs identified with CBCT
Mandibular incisor	1.0	1.3	1.5
Mandibular first premolar	1.0	1.1	1.2
Mazillary first molar	3.1	3.0	3.6

Tabela 5 – Média de canais identificados pelos 3 sistemas imagiológicos (*In Matherne et al., 2008*)

Segundo este estudo de Matherne *et al.* (2008), conclui-se que a avaliação por imagem CBCT, resulta sempre num maior número de canais radiculares identificado do que usando sistemas digitais bidimensionais.

Kotoor *et al.*, (2009, 2010) reportou dois casos clínicos em que uso de CBCT facilitou a compreensão da anatomia radicular de um segundo molar superior com cinco raízes e cinco canais, e de um primeiro molar superior com sete canais radiculares, concluindo que a CBCT tem um enorme potencial como ferramenta de diagnóstico. (Figura 5 e 6)

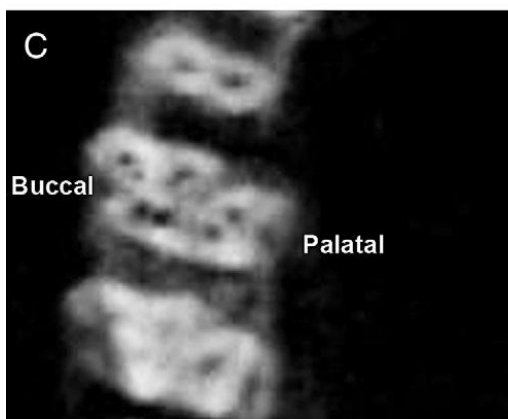


Figura 5 Visualização de 7 canais radiculares num 1º molar superior através de um corte axial obtido por CBCT. (*In Kottoor et al 2010*).

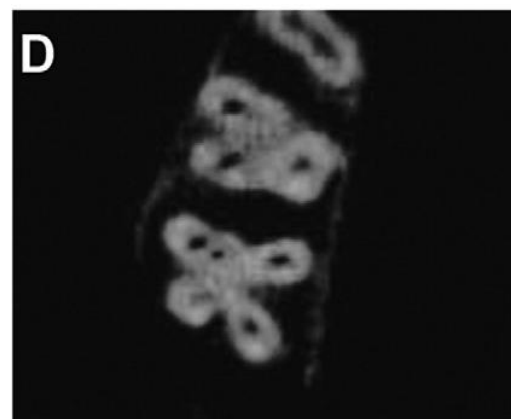


Figura 6 Visualização de 5 canais radiculares num 2º molar superior através de um corte axial por CBCT. (*In Kottoor et al 2009*).

IV.1.3 – Identificação de patologias periapicais

As condições patológicas que mais comumente envolvem as peças dentárias são lesões inflamatórias da polpa e das áreas periapicais. (Scarfe *et al.*, 2009)

As lesões periapicais são resultado do colapso do tecido pulpar, seguindo-se da emergência da infecção através do ápice radicular.

No caso de lesões periapicais isoladas, muitas das vezes não está presente qualquer sintomatologia.

A identificação da periodontite apical está directamente relacionada com a qualidade de imagem das ferramentas imagiológicas.

Muitas lesões periapicais que não são visíveis através de imagiologia convencional, são identificáveis através de CBCT. (Bergenholtz, 2010, p. 114). (Figura 7 e 8)

Com CBCT é possível identificar e avaliar lesões radiolúcidas que muitas vezes as radiografias convencionais não mostram devido a sobreposições de estruturas ósseas. Tal acontece muitas na avaliação de patologias apicais de raízes palatinas dada a sua localização. Lesões existentes mas muito pequenas, tornam-se imperceptíveis num raio-x periapical. (Vandenberghe *et al.*, 2008)

Segundo Seltzer e Bender, (*cit. in* <http://www.carlosboveda.com/tvd.htm>), a radiografia intra-oral não revela qualquer alteração peri-apical se a cortical óssea não estiver afectada.

Com a CBCT é possível precisar sobre a forma, extensão e localização de lesões periapicais. (Scarfe *et al.*, 2009)

Segundo Moura *et al.* (2009), depois de levada a cabo uma pesquisa que relacionava a obturação canal com periodontite apical, é concluído que a detecção dessas lesões periapicais é mais frequente quando se recorre ao uso de CBCT em vez de imagiologia convencional.

Num estudo levado a cabo por Estrela *et al.* (2008), que tinha como objectivo comparar a eficácia da CBCT, das radiografias panorâmicas e radiografias periapicais, na

detecção de periodontite apical, são avaliados 888 pacientes com infecções de origem endodôntica.

O resultado mostra que a prevalência de periodontite apical detectada, é significativamente superior quando é usada a tomografia computadorizada de feixe cônico.

Existe a possibilidade de lesões endodônticas estarem em contacto com outras estruturas anatómicas. Uma lesão que esteja em contacto directo com o seio maxilar pode provocar secreção, sintomas nasais unilaterais e dores de cabeça.

Com a CBCT é possível identificar se os sintomas vêm de uma sinusite crónica, ou se estão a ser provocados pela lesão endodôntica propriamente dita. (<http://www.carlosboveda.com/tvd.htm>)

Num outro estudo desenvolvido por Lofthag-Hansen *et al.* (*cit. in Scarfe, 2009*), foi comparada a precisão em diagnosticar patologia periapical, usando um CBCT de FOV localizado ou usando duas radiografias intra-orais com angulação diferente, em 46 dentes.

O resultado obtido foi que as duas técnicas imagiológicas em conjunto identificaram 53 raízes com lesões periapicais, mas em que 62% dos casos (33) foram detectadas pela CBCT.

Estrela (*cit. in Scarfe et al., 2009*), propôs um índice para identificação de periodontite periapical baseado na CBCT, que variava numa escala de 0 a 5, e seria calculado tendo em conta a dimensão da área de lesão mais extensa no plano disto-mesial, palatino/lingual-vestibular ou num plano diagonal bem como a expansão e destruição da cortical óssea.

Usando este critério, três observadores observaram 1014 imagens (radiografias periapicais e imagens CBCT) obtidas de 596 pacientes, concluindo que usando CBCT foram detectadas 54,2% mais lesões de periodontite apical do que usando radiografias periapicais 2D.



Figura 7 Lesão periapical no dente 3.5 visualizada por radiografia convencional. (In <http://www.carlosboveda.com/tvd.htm>)

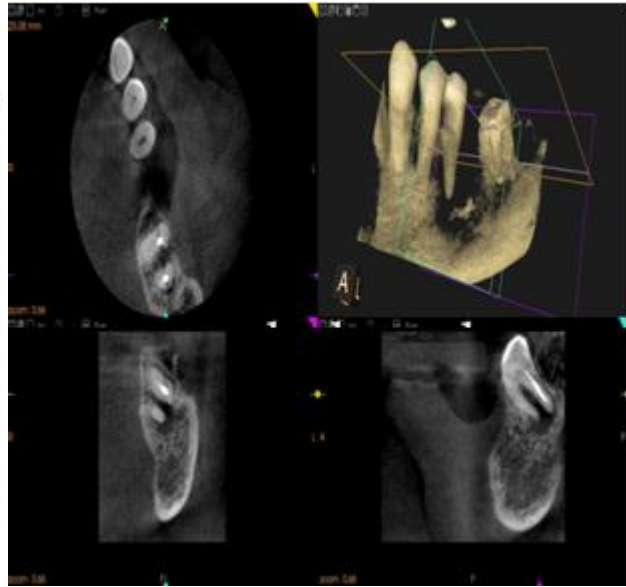


Figura 8 A mesma lesão observada na figura 6, mas com tecnologia CBCT. (In <http://www.carlosboveda.com/tvd.htm>)

A CBCT, pode também ser utilizada com sucesso para determinar a natureza das lesões peri-radulares. (Figura 9)

Segundo Simon *et al.* (2006), a CBCT constitui uma tecnologia muito útil para o diagnóstico diferencial entre quistos e granulomas periapicais utilizando a escala de cinzentos.

Um estudo levado a cabo pelo autor, teve como objectivo comparar a capacidade do CBCT em fazer o diagnóstico diferencial de quistos e granulomas periapicais, com a biopsia histológica.

Para isso, anteriormente à biopsia, dezassete pacientes foram sujeitos a CBCT.

Dos dezassete casos, treze deles foram correctamente diagnosticados pela CBCT havendo correspondência positiva entre o que a CBCT identificou, e a biopsia, como sendo quistos ou granulomas periapicais.

Nos outros quatro casos, conclui-se que os resultados da CBCT foram mais exactos, devido à má qualidade da amostra recolhida para biopsia ou por quantidade insuficiente de tecido recolhido.



Figura 9 – Lesão quística visualizada por CBCT (In <http://www.carlosboveda.com/tvd.htm>)

IV.1.4 – Reabsorções radiculares

As reabsorções radiculares não têm até hoje uma etiopatogenia bem definida, no entanto, entendem-se como factores precipitantes o trauma dentário e infecções da polpa dentária.

Por outro lado é importante ter em conta que este tipo de lesão pode ocorrer em dentes sem história prévia de trauma e com polpas saudáveis. (Bergenholtz, 2010, p. 262)

O tratamento ortodôntico, para além do trauma dentário e de pulpites crónicas persistentes está também associado a lesões por reabsorção radicular. (Scarfe *et al.*, 2009)

A reabsorção radicular externa é iniciada pelo dano do cimento que se encontra imediatamente abaixo do epitélio, permitindo a colonização por parte dos osteoclastos dessa mesma zona lesada

Com o uso da radiografia convencional é praticamente impossível avaliar e medir o padrão e nível de extensão de lesões de reabsorção radicular, tanto internas como externas.

Com a CBCT é possível obter imagens mais detalhadas e precisas que informam acerca das características da reabsorção, sendo possível fazer o diagnóstico precoce melhorando o prognóstico. (Patel & Dawood, 2007, <http://www.carlosboveda.com/tvd.htm>)

É comum as reabsorções radiculares internas e externas serem confundidas ou diagnosticadas de forma incorrecta. Recorrendo à CBCT é mais fácil chegar a estes diagnósticos e diferenciar reabsorções internas de externas. (Scarfe *et al.*, 2009)

Com radiografias convencionais torna-se difícil em casos complexos fazer com certeza estes diagnósticos. No entanto, com a CBCT, a identificação de pequenas reabsorções, localização e diferenciação das mesmas é muito mais precisa. (Cotton *et al.*, 2007, Patel & Dawood, 2007, Maini *et al.*, 2008)

Num caso clínico reportado por Patel *et al.* (2006) uma paciente do sexo feminino de 37 anos de idade estava prestes a avançar para tratamento ortodôntico para alinhar o posicionamento dos dentes anteriores maxilares.

No entanto, radiografias de rotina pré-tratamento foram realizadas e verificou-se uma lesão radiolúcida associada ao dente 1.1 que sugeria uma lesão por reabsorção externa. (Figura 10)

A paciente não referiu qualquer sintomatologia e apresentava uma boa higiene, não referindo qualquer história de trauma do respectivo dente mas referindo um tratamento ortodôntico prévio durante a adolescência.

Após a realização de um scan CBCT verificou-se que a lesão era significativamente mais extensa do que a verificada por imagiologia convencional além de que evidenciava duas áreas distintas de reabsorção radicular. (Figura 11)

Uma das áreas era a já identificada pela imagiologia 2D, por palatino, enquanto que, com a imagem CBCT, verifica-se também uma lesão por reabsorção óssea por vestibular, junto à tábua óssea vestibular.



Figura 10 Radiografia convencional que evidencia lesão de reabsorção radicular posicionada por palatino e que sugere extensão para mesial. (In Patel *et al.*, 2006)

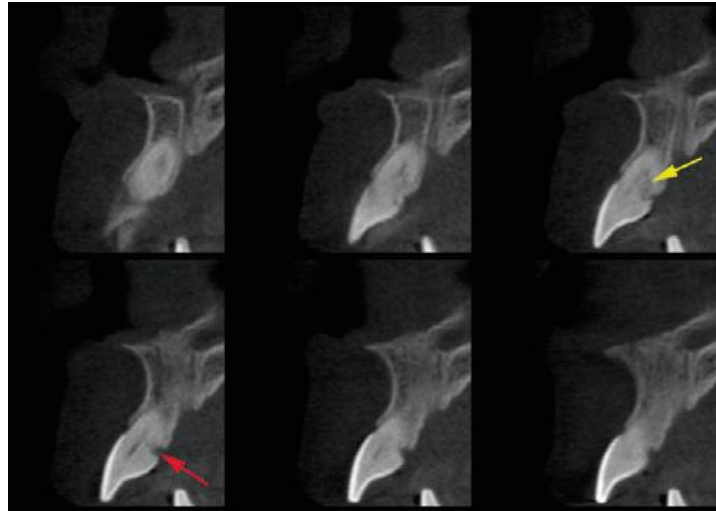


Figura 11 Imagem obtida por CBCT do mesmo dente da figura 9, que confirma a lesão por reabsorção mostrando que é mais extensa, e identificando uma segunda zona de reabsorção por vestibular. (In Patel *et al.*, 2006)

Segundo Patel *et al.* (2006), a CBCT constitui um aditivo imagiológico muito útil às ferramentas disponíveis para diagnóstico e tratamento de situações complexas em endodontia.

IV.1.5 – Fracturas radiculares

As fracturas radiculares são significativamente menos comuns que as fracturas coronárias, representando 7% ou menos do total de lesões traumáticas dentárias, sendo por vezes bastante difíceis de diagnosticar através da radiografia convencional. (Cvek *et al.*, 2008)

As fracturas radiculares denominadas por horizontais, geralmente apresentam-se com uma orientação oblíqua, sendo classificadas consoante a sua localização no sentido apico-coronal (coronal, 1/2 da raiz ou 1/3 apical). (Bergenholtz, 2010, p. 255)

No que às fracturas radiculares verticais diz respeito, estas apresentam-se como uma fractura longitudinal ao longo do eixo axial da raiz do dente, afectando regra geral, a polpa dentária e o tecido periodontal.

Normalmente este tipo de fracturas leva à divisão da peça dentária apresentando-se como lesões de mau prognóstico.

A etiologia das fracturas radiculares verticais, é atribuída a traumas físicos, prematuridades na oclusão ou hábitos parafuncionais repetitivos. No entanto, a causa mais comum destas lesões são mesmo os procedimentos dentários como a colocação de espigões e pinos, restaurações intra-coronais, sendo a mais frequente o tratamento endodôntico, no sentido de que uma má restauração, tendo em conta a perda de tecido dentário, deixará o dente mais fragilizado. (Cohen, 2010, p. 20 e 21)

Em alguns casos de fracturas radiculares, o seu diagnóstico também se torna difícil devido à falta de sintomas e sinais clínicos específicos.

Quando se realizam radiografias intra-orais, não é possível observar qualquer tipo de sinais radiográficos que indiquem uma fractura radicular, a menos que o feixe de radiação emitido seja exactamente colocado paralelamente ao plano da fractura.

A sobreposição de outras estruturas limita em muito a capacidade da radiografia convencional para detectar fracturas longitudinais. (Bernardes *et al.*, 2009) (Figura 14 e 15)

A diferenciação do tipo de fracturas radiculares, em muitos casos, não é possível de ser feito usando radiografia convencional. Para diferenciar fractura vertical de fractura horizontal é necessário recorrer a imagiologia 3D. (Cotton *et al.*, 2007)

As fracturas radiculares verticais são o tipo mais severo de defeitos longitudinais, tendo normalmente origem na porção apical da raiz e estendendo-se para coronal.

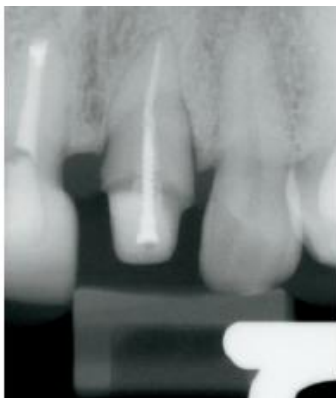


Figura 12 Radiografia de dente 2.1 depois de removida a sua coroa. (In Cotton *et al.*, 2007)



Figura 13 Corte coronal obtido por CBCT do mesmo dente 2.1, evidenciando fractura radicular vertical (In Cotton *et al.*, 2007)

O que acontece é que a fractura estende-se até ao ligamento periodontal, e ocorre crescimento de tecido mole entre os fragmentos fracturados. (Figura 12 e 13)

Este facto contribui para o aumento da distância entre os dois fragmentos da raiz, ou seja para o aumento da espessura da fractura radicular, que leva consequentemente a cada vez menos bom prognóstico.

Neste sentido, uma rápida intervenção é necessária, e a CBCT pode desempenhar um importante papel no diagnóstico deste tipo de fracturas radiculares. (Özer, 2010)

A natureza tridimensional da CBCT, permite o visionamento das linhas da fractura, a partir de ângulos múltiplos e de diferentes orientações, com um elevado nível de contraste. (Hassan *et al.*, 2009)

Hassan *et al.* (2009), desenvolveu um estudo para avaliar a precisão da CBCT comparada com a da imagiologia digital em detectar fracturas verticais em dentes obturados e não obturados.

Os resultados obtidos traduziram-se numa maior precisão da CBCT em detectar fracturas radiculares verticais. (Tabela 6)

Scanner	Endodontists	Dental Students	Both Groups	Root Filled	Non Filled	Bucco Lingual	Mesio Distal
CBCT							
Sensitivity	77.5	81.3	79.4	78.8	80.0	87.0	63.5
Specificity	91.3	93.8	92.5	87.5	97.5	—	—
PR							
Sensitivity	37.5	36.7	37.1	26.6	47.5	51.4	7.7
Specificity	95.0	95.0	95.0	93.8	96.2	—	—

Tabela 6 – Percentagens de sensibilidade e especificidade dos scans CBCT vs Radiografia periapical digital, em canais obturados e não obturados. (In Hassan *et al.*, 2009)

Os resultados indicaram também que a sensibilidade da CBCT para detectar fracturas quer no sentido vestibulo-lingual/palatino quer no sentido mesio-distal, é bem maior que a obtida com imagiologia digital 2D.

Em conclusão, o estudo efectuado serviu para verificar que a CBCT é mais precisa que as radiografias periapicais digitais na detecção de fracturas radiculares e que a presença de obturação canalar não influencia essa precisão.

A razão pela qual tais factos se verificam, é o elevadíssimo grau de contraste que as imagens CBCT apresentam, em relação à imagiologia digital 2D.

Por outro lado, em termos de especificidade, as imagens de CBCT perdem terreno, principalmente no caso de dentes obturados. Isso pode ser explicado pelo facto de material rádiopaco (gutta-percha) se apresentar de uma forma raiada nos cortes CBCT, mimetizando assim fracturas radiculares.

Noutro estudo levado a cabo por Özer (2010), também para comparar a precisão em detectar fracturas radiculares verticais entre a CBCT e a radiografia digital, os resultados foram também no sentido de que a CBCT apresenta vantagem significativa.



Figura 14 Radiografia convencional 2D
(In Bernardes *et al.* 2009),

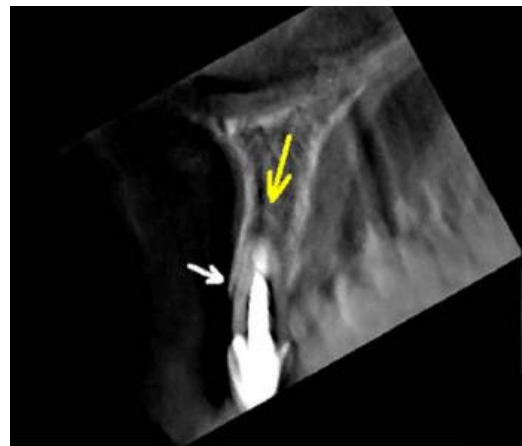


Figura 15 Imagem obtida por CBCT, mostrando a fractura radicular que não é visível com radiografia convencional na figura 13. (In Bernardes *et al.* 2009)

IV.1.6 – Planeamento pré-cirúrgico

Com a CBCT, o planeamento cirúrgico é mais preciso, uma vez que a tecnologia permite visualizar com precisão o local onde se pretende intervir, bem como a sua proximidade para com estruturas vitais, tais como nervo dentário inferior, o foramen

mentoniano, seio maxilar ou as cavidades nasais. (Lascale *et al.*, 2004, Piusky *et al.*, 2006, Ludlow *et al.*, 2007)

Para intervenções mais invasivas e complexas, deixa de ser necessário o recurso às tradicionais Tomografias Computorizadas, uma vez que a CBCT providencia imagens de qualidade superior, quer dos dentes quer do tecido ósseo. (Hashimoto *et al.*, 2006)

Segundo Nakagawa *et al.* (2002), a CBCT não só é útil para a localização e identificação de lesões, mas também para a localização do canal mandibular e das cavidades maxilares

Rigolone *et al.*,(2003) realizou um estudo em que usou a CBCT, com o objectivo de avaliar a distância horizontal entre a cortical óssea vestibular e a raiz palatina nos molares maxilares.

Em 43 primeiros molares maxilares, calculou uma distância média de 9,73 mm, sendo que em 25% destes casos, verificou adicionalmente que o seio maxilar estava presente, entre a cortical óssea vestibular e a raiz palatina.

Low *et al.* (2008), levou a cabo um estudo, em que comparou a CBCT e a radiografia periapical, para avaliar a condição apical de 37 pré-molares e 37 molares superiores, que se encontravam referenciados para cirurgia apical.

Para além de com a CBCT encontrar significativamente mais lesões (34%) do que com a radiografia periapical convencional, verificou que em alguns casos havia lesões que se estendiam ao seio maxilar e lesões de espessamento da membrana do seio.

Este tipo de informação pré-cirúrgica pode ser de extrema relevância para o médico dentista planear a sua intervenção, ponderando com mais precisão o tipo de abordagem que irá fazer.

IV.1.7 – Avaliação pós-operatória

Após a realização do tratamento endodôntico e da obturação canal, é importante a sua verificação, uma vez que, o sucesso desse mesmo tratamento está em muito dependente da qualidade da obturação.

O tratamento endodôntico, consiste essencialmente na remoção de tecido pulpar infectado, instrumentação dos canais, medição, e por fim obturação dos canais. Ao eliminar o foco de infecção por bactérias através do tratamento endodôntico dos canais, a lesão inflamatória irá gradualmente diminuir e a regeneração óssea toma lugar. . (Scarfe *et al.*, 2009)

O tratamento endodôntico tem também como objectivo o tratamento do dente afectado como forma de prevenção do aparecimento de infecções mais graves e obviamente a manutenção da peça dentária em boca.

Sendo que os mecanismos infecciosos têm normalmente lugar em partes do organismo difíceis de verificar através do exame clínico, o acompanhamento (follow-up) do tratamento efectuado tem de ser feito através da observação de sintomatologia, sinais radiográficos ou recolha de material biológico para observação microscópica (biopsia)

Tendo em conta que os sintomas ocorrem pouco frequentemente e as biopsias de tecidos periapicais são difíceis de obter, o follow-up é feito essencialmente por meios imagiologicos. (Bergenholtz, 2010, p. 301)

Segundo Imaura *et al.* (2004), a ausência de dor, tumefacção, fistula, e manutenção da função, e radiograficamente, se a lesão manteve ou diminui de tamanho, havendo regeneração óssea, isso é suficiente para determinar o sucesso do tratamento endodôntico.

O follow-up do tratamento de lesões periapicais é um aspecto importante para avaliar o sucesso do tratamento, e este deve ser feito após um ano, e seguidamente após quatro anos, para uma análise criteriosa dos sintomas e exames imagiologicos, para assim determinar ou não o sucesso do tratamento.

O sucesso do tratamento endodôntico não cirúrgico está relacionado com a recuperação e regeneração óssea do osso adjacente aos ápices dos canais obturados. Como tal, a sua

avaliação periódica através de exames imagiológicos é de facto um aspecto importante. No entanto, usando exames imagiológicos convencionais 2D, como radiografias periapicais, para avaliar o processo de recuperação e regeneração óssea em apenas 47% dos casos há concordância entre examinadores. (Goldman *et al.*, 1972)

Neste sentido, segundo Scarfe *et al.* (2009), o uso da CBCT pós tratamento endodôntico não cirúrgico, para verificação do preenchimento dos canais radiculares com gutta-percha deve ser considerado, uma vez que possibilita a visualização tridimensional dos canais obturados.

Por outro lado, de um estudo realizado por Sögur *et al.* (2007), que pretendia comparar a capacidade de sistemas digitais de imagiologia 2D e a CBCT, em avaliar a obturação canalar quer em termos de comprimento quer de homogeneidade e compactação da gutta-percha, resultou que, as imagens digitais se apresentavam como de qualidade superior, em detrimento da imagiologia 3D da CBCT.

É de referir no entanto, que neste estudo, os examinadores reconheceram que poderia ser devido a artefactos relacionados com a gutta-percha e com o material selador, que as imagens CBCT se encontravam com menor qualidade.

Segundo Patel, *et al.* (2007), os scans detalhados da CBCT devem ser aplicados na área da Endodontia precisamente para avaliação e follow-up do tratamento endodôntico. O uso da CBCT para esse fim pode inclusive determinar casos de insucessos de tratamentos endodônticos que analisados pela radiografia convencional 2D parecerem bem sucedidos, devido a porções radiolúcidas mínimas, só detectadas com CBCT.

A CBCT disponibiliza uma quantidade de informação que possibilita um follow-up de melhor qualidade e mais confiável. Com o desenvolvimento de novas técnicas, uma melhor compreensão e a avaliação do sucesso dos tratamentos endodônticos é possível. (<http://www.carlosboveda.com/tvd.htm>)

Segundo Wu *et al.*, (2009), os estudos anteriormente publicados que tinham como objectivo precisar e avaliar acerca do follow-up e taxas de sucesso dos tratamentos endodônticos, deviam ser reavaliados com recurso à tecnologia CBCT.

Revisões sistemáticas reportam taxas de sucesso sobrestimadas, que são apenas determinadas por radiografias periapicais convencionais (2D), ignorando completamente as limitações já reveladas em vários estudos, pondo em risco a reputação do tratamento endodôntico.

Conclusão

A realização deste trabalho de revisão bibliográfica sobre o tema “Cone Beam em Endodontia” permitiu chegar a várias conclusões.

A CBCT apresenta-se inequivocamente como um poderoso meio auxiliar de diagnóstico, muito embora esteja ainda distante, o seu uso comum e rotineiro nos consultórios de Medicina Dentária.

Existem actualmente vários tipos de equipamentos CBCT, e deve-se ponderar a escolha do equipamento a adquirir consoante a finalidade clínica em que é pretendida a sua aplicação.

Com este meio auxiliar de diagnóstico deixa de ser necessário recorrer a várias radiografias 2D de diagnóstico uma vez que com um único scan de CBCT é recolhida toda a informação da zona pretendida, para além de que esta informação é livre de sobreposições de estruturas como acontece frequentemente nas radiografias bidimensionais.

No que à exploração e identificação da anatomia radicular diz respeito, vários estudos reportados, comprovaram a vantagem da CBCT em relação à imagiologia convencional, sendo a CBCT mais eficaz.

É uma mais-valia na detecção precoce de patologia periapical uma vez que em muitos casos a imagiologia 2D convencional não revela sinais de radiolúidez, não pelo menos enquanto a cortical óssea não se encontra afectada.

Possibilita o diagnóstico diferencial entre granulomas periapicais e quistos através da sua escala de tons cinza. Estudos revelam que é tão fidedigno este diagnóstico como a própria biopsia tecidual.

As reabsorções radiculares são melhor diagnosticadas, sendo mais fácil a análise do padrão de reabsorção e extensão da mesma, assim como a diferenciação entre reabsorção interna e externa.

Tendo em conta o resultado de vários estudos, é verdade também que, a CBCT é extremamente útil na detecção precoce de fracturas radiculares, quer horizontais quer

verticais, e sendo estas patologias de mau prognóstico e que muitas vezes põem em causa a manutenção do dente em boca, a CBCT desempenha sem dúvida um papel importante no diagnóstico destes casos.

Relativamente a avaliação pós operatória, não se pode afirmar que haja um claro consenso entre autores uma vez que, para uns o uso de CBCT apresenta um amplo conjunto de vantagens (como melhor resolução, visionamento do preenchimento tridimensional dos canais com gutta-percha), mas para outros as soluções digitais 2D são melhores em termos de qualidade de imagem para avaliar a diminuição da radiolúidez em torno do ápice, após tratamento endodôntico.

Outro parâmetro que era importante avaliar com esta revisão bibliográfica era o aspecto da dose de radiação a que o paciente é submetido. Se será ou não uma dose de radiação que vale a pena tomar, no que diz respeito ao benefício que a mesma trará, em termos de qualidade e utilidade do exame imagiológico.

Pode-se concluir que, apesar de não haver actualmente nenhum critério para eleger um ou outro caso clínico para realização de CBCT, a decisão do médico dentista em submeter o paciente a dose de radiação de CBCT deve ser ponderada, e feita com a consciência de que está a submeter o paciente a uma dose de radiação que é necessária para o tratamento.

A dose de radiação varia consoante o tipo de equipamento, sendo que quanto mais localizado é o foco de radiação, menor é a dose tomada pelo paciente.

Um scan de CBCT de campo de visão localizado é equivalente a três radiografias periapicais segundo alguns autores e por outro lado, a dose emitida para realização de uma radiografia panorâmica digital é equivalente à dose de radiação emitida por um equipamento CBCT de grande campo de visão.

A tomografia computadorizada apresenta também as suas desvantagens, sendo que uma das principais é o facto de ainda não possibilitar a visualização e estudo dos tecidos moles.

A CBCT poderá ser em breve mais um meio auxiliar de diagnóstico presente em qualquer consultório. Sendo que estará naturalmente mais indicado para determinadas áreas da Medicina Dentária, e nesse aspecto, sem dúvida que a Endodontia é uma dessas

áreas, uma vez que, tem muito a ganhar (na realização de diagnósticos e planos de tratamento) com as excelentes propriedades de imagem que a CBCT proporciona.

Para além disto, a CBCT, apresenta como outra importante vantagem o facto de possibilitar uma melhor e mais interactiva explicação ao paciente, dos procedimentos que vão (ou deverão) ser realizados, facilitando o seu entendimento e compreensão.

Bibliografia

COHEN, S. & HARGREAVES, K. M. 2006. *Pathways of the Pulp*. Mosby Elsevier. U.S.A

BABA, R., KONNO, Y., UEDA, K. & IKEDA, S. 2002. Comparison of flat-panel detector and image-intensifier detector for cone-beam CT. *Comput Med Imaging Graph*, 26, 153-8.

BERGENHOLTZ, G, HERSTED-BINDSLEV, P. & RELT, C. 2010. *Textbook of Endodontology*. Blackwell Publishing, United Kingdom.

BERNARDES, R. A., DE MORAES, I. G., HUNGARO DUARTE, M. A., AZEVEDO, B. C., DE AZEVEDO, J. R. & BRAMANTE, C. M. 2009. Use of cone-beam volumetric tomography in the diagnosis of root fractures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 108, 270-7.

BOVÉDA, C. (2010). Tomografia Volumétrica Digital. Disponível em <http://www.carlosboveda.com/tvd.htm>. [Consultado em 09/06/11].

COTTON, T. P., GEISLER, T. M., HOLDEN, D. T., SCHWARTZ, S. A. & SCHINDLER, W. G. 2007. Endodontic applications of cone-beam volumetric tomography. *J Endod*, 33, 1121-32.

CVEK, M., TSILINGARIDIS, G. & ANDREASEN, J. O. 2008. Survival of 534 incisors after intra-alveolar root fracture in patients aged 7-17 years. *Dent Traumatol*, 24, 379-87.

FARMAN, A. G., LEVATO, C. M. & SCARFE, W. C., 2007. 3D X-Ray: an update. *Inside Dentistry*, 3, 6, 70-74

FARMAN, A. G., LEVATO, C. M., SCARFE, W. C. & CHENIN, D. 2008. Cone beam CT trends towards hybrid systems and third party software utilization. *Inside Dentistry*, 4, 9, 102-105.

FRIEDMAN, S. 2002. Prognosis of initial endodontic therapy. *Endodontic Topics*. 2, 59-98.

GIJBELS, F., SANDERINK, G., WYATT, J., VAN DAM, J., NOWAK, B. & JACOBS, R. 2004. Radiation doses of indirect and direct digital cephalometric radiography. *Br Dent J*, 197, 149-52; discussion 140.

GOLDMAN, M., PEARSON, A. H. & DARZENTA, N. 1972. Endodontic success--who's reading the radiograph? *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 33, 432-7.

GRÖNDAHL, H. G. & HUUMONEN, S. 2004. Radiographic manifestations of periapical inflammatory lesions. *Endodontic topics*, 8, 55.67.

HASHIMOTO, K., KAWASHIMA, S., ARAKI, M., IWAI, K., SAWADA, K. & AKIYAMA, Y. 2006. Comparison of image performance between cone-beam computed tomography for dental use and four-row multidetector helical CT. *J Oral Sci*, 48, 27-34.

HASSAN, B., METSKA, M. E., OZOK, A. R., VAN DER STELT, P. & WESSELINK, P. R. 2009. Detection of vertical root fractures in endodontically treated teeth by a cone beam computed tomography scan. *J Endod*, 35, 719-22.

IMAURA, N. 2004. Fatores de sucesso em endodontia: análise retrospectiva de 2.000 casos clínicos. *Revista Associação Paulista de cirurgiões Dentistas*, v. 58, n. 1, p. 29-34, jan./fev.

JACOBSON, P. H. & FEDRAN, R. J. 1995. Making darkness visible: the discovery of X-ray and its introduction to dentistry. *J Am Dent Assoc*, 126, 1359-67.

KOTTOOR, J., HEMAMALATHI, S., SUDHA, R. & VELMURUGAN, N. 2010a. Maxillary second molar with 5 roots and 5 canals evaluated using cone beam computerized tomography: a case report. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 109, e162-5.

KOTTOOR, J., VELMURUGAN, N., SUDHA, R. & HEMAMALATHI, S. 2010b. Maxillary first molar with seven root canals diagnosed with cone-beam computed tomography scanning: a case report. *J Endod*, 36, 915-21.

LANGLAND, O. E. & LANGLAIS, R. P. 1995. Early pioneers of oral and maxillofacial radiology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 80, 496-511.

LASCALA, C. A., PANELLA, J. & MARQUES, M. M. 2004. Analysis of the accuracy of linear measurements obtained by cone beam computed tomography (CBCT-NewTom). *Dentomaxillofac Radiol*, 33, 291-4.

LOW, K. M., DULA, K., BURGIN, W. & VON ARX, T. 2008. Comparison of periapical radiography and limited cone-beam tomography in posterior maxillary teeth referred for apical surgery. *J Endod*, 34, 557-62.

LUDLOW, J. B., DAVIES-LUDLOW, L. E. & BROOKS, S. L. 2003. Dosimetry of two extraoral direct digital imaging devices: NewTom cone beam CT and Orthophos Plus DS panoramic unit. *Dentomaxillofac Radiol*, 32, 229-34.

LUDLOW, J. B., DAVIES-LUDLOW, L. E., BROOKS, S. L. & HOWERTON, W. B. 2006. Dosimetry of 3 CBCT devices for oral and maxillofacial radiology: CB Mercuray, NewTom 3G and i-CAT. *Dentomaxillofac Radiol*, 35, 219-26.

LUDLOW, J. B., LASTER, W. S., SEE, M., BAILEY, L. J. & HERSHEY, H. G. 2007. Accuracy of measurements of mandibular anatomy in cone beam computed tomography images. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 103, 534-42.

MAINI, A., DURNING, P. & DRAGE, N. 2008. Resorption: within or without? The benefit of cone-beam computed tomography when diagnosing a case of an internal/external resorption defect. *Br Dent J*, 204, 135-7.

MATHERNE, R. P., ANGELOPOULOS, C., KULILD, J. C. & TIRA, D. 2008. Use of cone-beam computed tomography to identify root canal systems in vitro. *J Endod*, 34, 87-9.

MICHETTI, J., MARET, D., MALLET, J. P. & DIEMER, F. 2010. Validation of cone beam computed tomography as a tool to explore root canal anatomy. *J Endod*, 36, 1187-90.

MOURA, M. S., GUEDES, O. A., DE ALENCAR, A. H., AZEVEDO, B. C. & ESTRELA, C. 2009. Influence of length of root canal obturation on apical periodontitis detected by periapical radiography and cone beam computed tomography. *J Endod*, 35, 805-9.

NAKAGAWA, Y., KOBAYASHI, K., ISHII, H., MISHIMA, A., ASADA, K. & ISHIBASHI, K. 2002. Preoperative application of limited cone beam computerized tomography as an assessment tool before minor oral surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 31, 322-6.

NAKATA, K., NAITOH, M., IZUMI, M., INAMOTO, K., ARIJI, E. & NAKAMURA, H. 2006. Effectiveness of dental computed tomography in diagnostic imaging of periradicular lesion of each root of a multirouted tooth: a case report. *J Endod*, 32, 583-7.

NANCE, R., TYNDALL, D., LEVIN, L. G. & TROPE, M. 2000. Identification of root canals in molars by tuned-aperture computed tomography. *Int Endod J*, 33, 392-6.

OZER, S. Y. 2010. Detection of vertical root fractures of different thicknesses in endodontically enlarged teeth by cone beam computed tomography versus digital radiography. *J Endod*, 36, 1245-9.

OZER, S. Y., UNLU, G. & DEGER, Y. 2011. Diagnosis and treatment of endodontically treated teeth with vertical root fracture: three case reports with two-year follow-up. *J Endod*, 37, 97-102.

PATEL, S. & DAWOOD, A. 2007. The use of cone beam computed tomography in the management of external cervical resorption lesions. *Int Endod J*, 40, 730-7.

PATEL, S., DAWOOD, A., FORD, T. P. & WHAITES, E. 2007. The potential applications of cone beam computed tomography in the management of endodontic problems. *Int Endod J*, 40, 818-30.

PAUWELS, R., BEINSBERGER, J., COLLAERT, B., THEODORAKOU, C., ROGERS, J., WALKER, A., COCKMARTIN, L., BOSMANS, H., JACOBS, R., BOGAERTS, R. & HORNER, K. 2010. Effective dose range for dental cone beam computed tomography scanners. *Eur J Radiol*.

PIUSKY, H. M., DIDA, S., PIUSKY, R. W., MISH, K. A. & SARMENT, D. P. 2006. Accuracy of three dimensional measurements using cone beam CT. *Dentomaxillofacial Radiology*. 35, 410-6.

RAMAMURTHY, R., SCHEETZ, J. P., CLARK, S. J. & FARMAN, A. G. 2006. Effects of imaging system and exposure on accurate detection of the second mesio-buccal canal in maxillary molar teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 102, 796-802.

RIGOLONE, M., PASQUALINI, D., BIANCHI, L., BERUTTI, E. & BIANCHI, S. D. 2003. Vestibular surgical access to the palatine root of the superior first molar: "low-dose cone-beam" CT analysis of the pathway and its anatomic variations. *J Endod*, 29, 773-5.

ROBERTS, J. A., DRAGE, N. A., DAVIES, J. & THOMAS, D. W. 2009. Effective dose from cone beam CT examinations in dentistry. *Br J Radiol*, 82, 35-40.

RUSHTON, V. E., HORNER, K. & WORTHINGTON, H. V. 2001. Screening panoramic radiology of adults in general dental practice: radiological findings. *Br Dent J*, 190, 495-501.

SCARFE, W. C. 2005. Imaging of maxillofacial trauma: evolutions and emerging revolutions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 100, S75-96.

SCARFE, W. C., LEVIN, M. D., GANE, D. & FARMAN, A. G. 2009. Use of cone beam computed tomography in endodontics. *Int J Dent*, 2009, 634567.

SIMON, J. H., ENCISO, R., MALFAZ, J. M., ROGES, R., BAILEY-PERRY, M. & PATEL, A. 2006. Differential diagnosis of large periapical lesions using cone-beam computed tomography measurements and biopsy. *J Endod*, 32, 833-7.

SOGUR, E., BAKSI, B. G. & GRONDAHL, H. G. 2007. Imaging of root canal fillings: a comparison of subjective image quality between limited cone-beam CT, storage phosphor and film radiography. *Int Endod J*, 40, 179-85.

VALENTINE, J. 2009. *The 2007 Recommendations of the Internacional Commission on Radiology Protection*. Publication 103, vol 37.

VANDENBERGHE, B., JACOBS, R. & YANG, J. 2008. Detection of periodontal bone loss using digital intraoral and cone beam computed tomography images: an in vitro assessment of bony and/or infrabony defects. *Dentomaxillofac Radiol*, 37, 252-60.

VERTUCCI, F. J. 1984. Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 58, 589-99.

WALTON, R. E. 2008. *Diagnostic Imagins A. endodontic radiography*, In Jingle, J. I., *Ingle's Endodontics*, 6th, edition, Canadá, BC Deecker, p. 554.

WU, M. K., SHEMESH, H. & WESSELINK, P. R. 2009. Limitations of previously published systematic reviews evaluating the outcome of endodontic treatment. *Int Endod J*, 42, 656-66.

