

**Mauricio Adriano de Olivério Accorsi**  
**Patrícia de Medeiros Loureiro Lopes**  
**Marcelo Gusmão Paraiso Cavalcanti**



O diagnóstico e o planejamento do tratamento ortodôntico têm sido ao longo dos anos substancialmente embasado em recursos tecnológicos. O objetivo na utilização destes recursos reside na reprodução, o mais próximo possível, da morfologia craniofacial dos pacientes nas três dimensões do espaço, de forma estática e dinâmica, assim como ela se apresenta na natureza. Dessa forma, a finalidade da documentação ortodôntica é avaliar o complexo craniofacial composto pelos componentes esquelético, dentário e tegumentar. No entanto, informações importantes são perdidas quando uma estrutura tridimensional, no caso o complexo craniomaxilofacial, é representada em apenas duas dimensões. Ainda que regiões específicas possam ser definidas em detalhes, todo este processo resulta em uma segmentação das estruturas anatômicas, com cada uma das imagens representando uma região específica. Conceitualmente complexo craniofacial é constituído por três componentes, um externo formado pelos tecidos moles da face que são visualizados nas fotografias, o dentário sustentado pelas bases ósseas, que observamos nos modelos de gesso e o esquelético observado nas radiografias. O problema é que cada uma das ferramentas de diagnóstico nos dá boa informação sobre cada uma das partes do sistema isoladamente, entretanto, descarta informações indispensáveis sobre o resto do sistema, como por exemplo, a inter-relação entre os componentes tegumentares, esqueléticos e dentários. Esta segmentação anatômica representa um desafio quase impossível, que é a responsabilidade do clínico em reconstruir mentalmente e de forma abstrata a anatomia real do seu paciente. Os sistemas de imagens bidimensionais que estão à disposição dos ortodontistas não permitem uma avaliação anatômica acurada no que diz respeito às inter-relações entre os tecidos moles, posicionamento radicular com relação aos alvéolos dentários, vias aéreas, doenças e dentes impactados, ou com desenvolvimento anormal em relação às demais estruturas.

A cefalometria convencional bidimensional foi introduzida na década e 30 por Broadbent nos Estados Unidos e Hofrath na Alemanha e continua relativamente semelhante até os dias de hoje. O método envolvia a integração de dados observados a partir de duas radiografias obtidas quase simultaneamente, a partir de um par de tubos de raios X orientados de forma que o ângulo de intersecção entre os raios centrais fosse de 90°, o ponto de intersecção estivesse a 152,4 centímetros do ponto de foco de cada emissor, e os dois “chassis” orientados perpendicularmente entre si e cada um perpendicular aos raios centrais das respectivas fontes emisoras. Esta pode ser considerada como a primeira tentativa de se obterem medidas cefalométricas em três dimensões do espaço, onde esses pesquisadores observaram o princípio básico da medição estereoscópica. A estereoscopia baseia-se no conceito que para se observar um objeto em três dimensões do espaço, o mesmo deve ser visto a partir de duas perspectivas diferentes. Os autores utilizaram a geometria biplanar, visto que eram feitas duas radiografias, uma em norma frontal e outra em norma lateral, em que os feixes de raios X formavam um ângulo reto entre si, e o paciente posicionado no ponto de intersecção dos mesmos. A partir deste trabalho, entre 1940 e 1950, iniciou-se o uso de telerradiografias lateral e frontal para fins diagnósticos, entretanto, sem a real propriedade tridimensional proposta por Broadbent.

Os cefalogramas têm sido amplamente utilizados como ferramenta clínica e em pesquisas, no estudo do crescimento craniofacial e tratamento ortodôntico desde então. Entretanto, em função das limitações inerentes a cefalometria tradicional, o uso deste método como fonte de informações clínicas na base do planejamento no tratamento ortodôntico tem sido questionado. Existem razões para a validade limitada da cefalometria bidimensional, em primeiro lugar, e talvez o mais importante, é o fato de que o filme convencional é a representação bidimensional de um objeto tridimensional. Quando um objeto tridimensional é representado em duas dimensões, as estruturas são deslocadas verticalmente e horizontal em proporção a sua distância ao filme, ou plano de registro. Segundo, a análise cefalométrica é baseada na suposição de uma sobreposição perfeita entre os lados direito e esquerdo no plano sagital mediano, mas isso é pouco observado, por que a simetria facial é rara. As discrepâncias resultantes entre os lados direito e esquerdo não permitem um acesso preciso às anomalias craniofaciais e assimetrias faciais.

Terceiro, a grande quantidade de erros de projeção radiográfica, associados à aquisição de imagens, que incluem magnificação de tamanho e distorção da imagem, bem como os erros no posicionamento do paciente, e distorção inerente à geometria relacional entre o paciente o filme e o foco de raios X podem comprometer uma avaliação acurada. Finalmente, o erro operacional na elaboração do cefalograma e no processamento da análise cefalométrica também pode diminuir a acurácia e precisão dos resultados.

Apesar da evolução tecnológica com o surgimento da radiografia digital, o que pode ser considerado um grande avanço, e da introdução dos cefalogramas digitais substituindo os traçados manuais, essencialmente a técnica de obtenção das telerradiografias em normas lateral, frontal e submentovértex, continuou sem grandes modificações ao longo dos anos. Entretanto, a cefalometria radiográfica persiste como ferramenta clínica vital na inspeção e determinação da morfologia e crescimento craniofaciais, diagnóstico das anomalias, previsão de resultados, planejamento e avaliação dos resultados, pois é, ainda, o único método quantitativo prático, de uso rotineiro, que permite a investigação e avaliação das relações entre crânio, estruturas dentárias e tegumentares.

## Ortodontia tridimensional digital

### Introdução

Estamos todos vivendo em um mundo cada vez mais digital, e nas ciências médicas não poderia ser diferente. O mercado de imagem médica nos Estados Unidos, incluindo os equipamentos de geração de imagem e os produtos relacionados, cresce a uma razão de aproximadamente 4% ao ano, devendo chegar a quase 10 bilhões de dólares em 2007. Desta forma, parece estarmos no limiar de uma grande modificação na Ortodontia, onde o aprendizado das técnicas de avaliação tridimensional irá efetivamente se tornar um método de diagnóstico e levar a Ortodontia a um plano de excelência superior. A tomografia computadorizada sempre esteve mais associada ao diagnóstico médico e, conseqüentemente, a maioria dos aparelhos de TC está localizada em centros de imagens, na maior parte, associados aos hospitais. Porém, recentemente, estabeleceu-se no mercado odontológico uma nova categoria de exames tomográficos com aplicações clínicas e científicas dedicado à região maxilofacial, que é a tecnologia de feixe cônico, também conhecida pelo

seu correspondente em inglês *Cone Beam*, que iremos comentar mais adiante neste capítulo.

Com o advento da TC, medidas reais puderam ser obtidas, e a imagem espacial das estruturas craniofaciais pôde ser produzida, as estruturas internas serem observadas removendo-se as superfícies exteriores, e os vários órgãos e estruturas serem observados independentemente mudando-se a densidade dos tecidos. Uma imagem em 3D mostra também as assimetrias do terço médio da face, e a base craniana, de difícil observação na radiografia convencional.

Com a documentação atual, a representação bidimensional das características craniofaciais dos pacientes corresponde muito pouco a realidade da relação entre os tecidos duros e moles do complexo craniofacial e das dimensões reais dos ossos envolvidos. A inclusão de uma nova dimensão nas documentações permite a observação de algumas áreas da dentição que não são observadas com clareza nos exames atuais, como por exemplo, a posição da porção radicular dos incisivos superiores com relação à cortical palatina, para se planejar a retração desses dentes. Possibilita, também, avaliar a quantidade de tecido ósseo na região distal aos molares, para a indicação de um movimento de distalização, assim como o volume ósseo no segmento vestibular maxilar para a viabilização de uma expansão dentária.

O estreitamento do espaço aéreo na região faríngea e nasal tem sido relacionado a distúrbios do sono, principalmente apnéia, e com a respiração bucal. O exame tridimensional também possibilita a avaliação, acrescentando informações de grande valia no diagnóstico e na determinação do tratamento mais indicado para os pacientes que possuem estes distúrbios. No diagnóstico e planejamento dos tratamentos de indivíduos portadores de laterognatismo, as assimetrias apresentam registros inadequados quando técnicas bidimensionais são empregadas. Com a possibilidade de uma visualização tridimensional das estruturas ósseas, a avaliação das assimetrias pode ser feita com mais precisão, porque oferece um melhor delineamento das estruturas ósseas da base do crânio e do esqueleto facial. Alguns dos equipamentos citados são acompanhados de *softwares* que permitem fazer a simulação do tratamento ortodôntico, sendo possível realizar os movimentos planejados para o caso, como rotações e retrações dentárias, exodontias e outros para a avaliação do que seria mais indicado em determinadas situações.

Outra indicação importante da visualização em 3D, por reconstrução volumétrica em imagens obtidas por TC, reside na avaliação do posicionamento de dentes inclusos e também na detecção de reabsorções radiculares internas e externas. As documentações que incluem a terceira dimensão também são de grande utilidade para se avaliarem as alterações ocorridas durante o tratamento, tanto do perfil tegumentar quanto das bases ósseas e dentes, e também para observar, a longo prazo, a manutenção destas alterações obtidas com o tratamento ortodôntico ou ortodôntico-cirúrgico.

As tecnologias para se obterem imagens faciais que envolvam as três dimensões espaciais da região maxilofacial, já estão disponíveis aos ortodontistas, e incluem o mapeamento da superfície facial com o uso de luz visível pela técnica da estereofotogrametria ativa, ou pelo escaneamento a *laser*. Finalmente, o escaneamento óptico digital de modelos de gesso e/ou de moldagens dentárias, complementa o arsenal de exames tridimensionais que estarão, em breve, à disposição dos ortodontistas e cirurgiões. Entretanto, é necessária uma integração destas múltiplas tecnologias, para que elas sejam efetivamente úteis no diagnóstico, planejamento e avaliação de resultados em Ortodontia. Desta forma, entram em cena os vários *softwares* que permitem a consolidação destes múltiplos arquivos eletrônicos permitindo, por exemplo, a simulação de procedimentos ortodônticos e/ou cirúrgicos, inclusive com a confecção de guias cirúrgicos pela técnica da prototipagem rápida e a customização de placas de fixação rígida, para os casos de pacientes com anomalias craniofaciais a serem submetidos à Cirurgia Ortognática. Para facilitar a compreensão, este capítulo foi dividido nos seguintes tópicos: 1) características das imagens digitais, 2) tomografia computadorizada, 3) fotografia 3D, 4) o paciente virtual, 5) aplicações clínicas e; 6) apresentação de caso clínico.

## Características das imagens digitais

Imagens são pontos de informação que podem ser produzidos, tanto por processos convencionais analógicos como por meio digital mais contemporâneo. O interesse nas imagens digitais tem aumentado por permitir ao operador a manipulação de dados em computador, facilitando as complexas análises e a organização de dados na reconstrução tridimensional. Em termos práticos, a eliminação do filme radiográfico convencional pode diminuir dramaticamente as necessidades de armazenamento e permitir que as

imagens sejam transmitidas por via telefônica ou pela internet.

No processo digital, a coleta de informação binária é usada na reconstrução da imagem digital. Na radiologia digital, a energia eletromagnética (radiação X) é convertida em um sinal elétrico pelos sensores de raios X. Estes sensores incluem CCDs (*charge-couple devices*), intensificadores de imagens (*image intensifier*), placas de sílica ou de selênio amorfo (*amorphous silicon flat panels*). Uma vez que a energia dos raios X tenha sido convertida em sinais elétricos, o computador, com um circuito digitalizador, os converte em elementos de figura também conhecidos como pixels. A imagem digital, então, é composta por estes elementos de figura que são organizados em um quadriculado retangular bidimensional, sendo que cada pixel tem tamanho e localização específica. O pixel é o menor elemento da imagem digital e possui uma escala de cinza ou valor de cor. A resolução da imagem é determinada pelo número de pixels em determinado comprimento de imagem (pixel/mm) e pelo número de níveis de cinza por pixel (bits). Quanto maior a proporção de pixel/mm, melhor a resolução da imagem. Na imagem digital tridimensional, o menor elemento de figura é chamado de “voxel”. Cada voxel, por sua vez, apresenta altura, largura e espessura.

Nas radiografias ou fotografias bidimensionais, existem dois eixos, o vertical Y e o horizontal X. Já, a imagem tridimensional é composta pelos eixos X (ou dimensão transversal), Y (ou dimensão vertical) e Z (ou dimensão ântero-posterior). As coordenadas X, Y e Z definem o espaço em que os dados multidimensionais são representados, e este espaço é chamado “Espaço 3D”.

## Tomografia computadorizada

Não discutiremos em detalhes neste tópico as diretrizes e os princípios técnicos dos métodos tomográficos, pois estas informações estão apropriadamente dispostas em capítulos específicos neste livro sobre o assunto. Entretanto, é necessário um entendimento de que ambos os métodos principais de TC, que é a tomografia computadorizada espiral *multislice* (TC *multislice*) e a tomografia computadorizada por feixe cônico (TCFC), possuem aplicações definidas em Ortodontia e Cirurgia Ortognática. Cada qual apresentando vantagens e desvantagens como veremos adiante.

## TC multislice

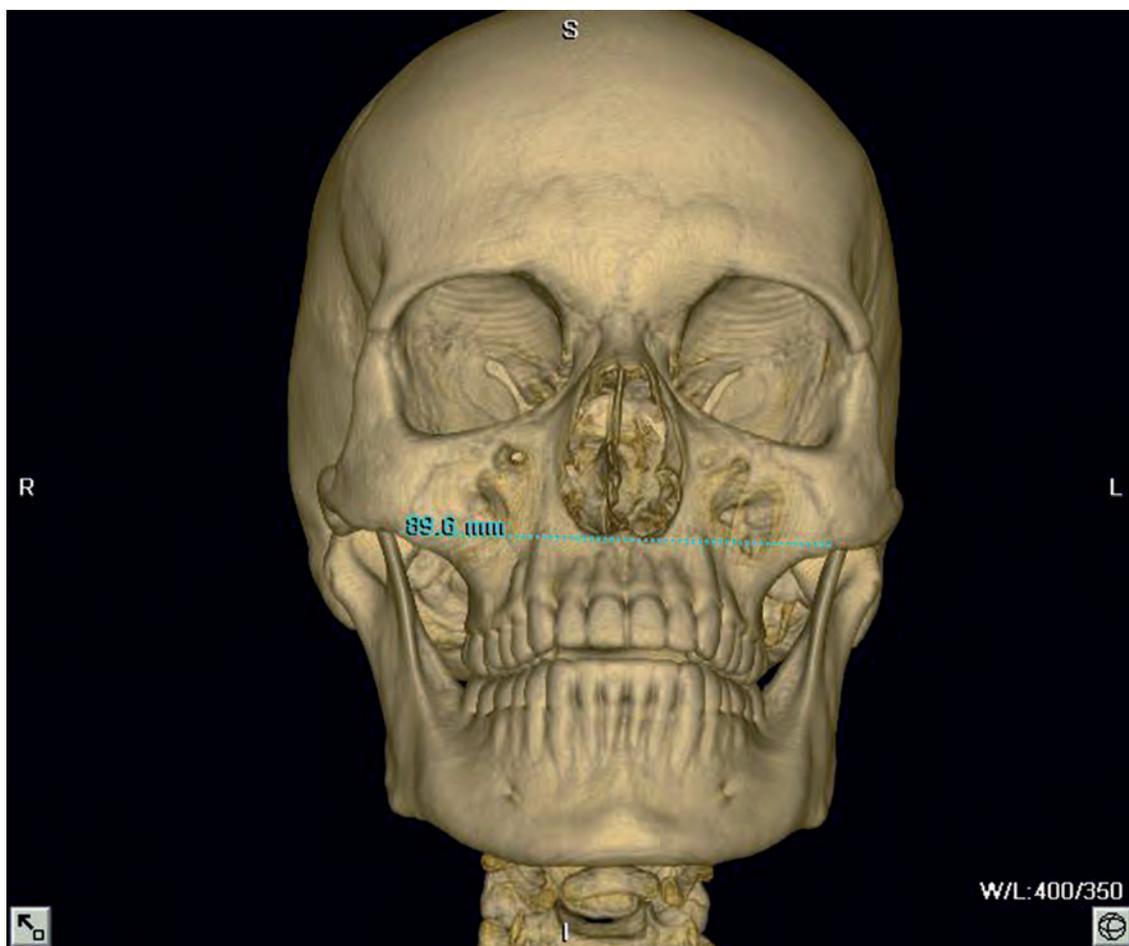
Os equipamentos de tomografia computadorizada espiral *multislice*, de última geração, são capazes na atualidade de realizar 64 cortes simultâneos com espessura de 0,5 mm cada, com tempo e dose de radiação reduzidos, e se apresentam como o estado da arte em se tratando de qualidade de imagem, principalmente quando estivermos pensando em tecidos moles e reconstruções 3D. Esta tecnologia que é mais comum em Medicina apresenta algumas aplicações em Ortodontia e Cirurgia Ortognática. Quando estivermos interessados em uma investigação detalhada do ligamento periodontal, ou a procura minuciosa de anquiloses e reabsorções radiculares, a TC *multislice* configura-se como método de escolha como pôde comprovar o estudo de Holberg e colaboradores, realizado em 2005. Estes autores realizaram um estudo para comparar a TCFC com a TC *multislice*. O alvo desse estudo foi investigar a qualidade e a exatidão da TCFC na imagem das estruturas dentais em uma amostra de 417 dentes e compará-la com a qualidade da imagem produzida por TC *multislice*. Os aparelhos utilizados foram o NewTom DVT 9000 (QR, Verona, Itália) para a TCFC e para a TC *multislice*, o tomógrafo Light Speed Ultra 8, General Electric® (Easton Turnpike, Fairfield, EUA) e o software empregado para a visualização dos dados, foi o e-film Lite® versão 1.9.1 Merge e-film (Milwaukee, USA).

Entretanto, em contraste com a TC *multislice*, os artefatos metálicos foram menos aparentes na TCFC e quando estavam presentes, eram muito sutis, visto que só foram observados rompimentos na qualidade da imagem, decorrentes da movimentação do paciente com a TCFC. Não há praticamente nenhum artefato metálico em torno de restaurações e implantes metálicos quando a TCFC é empregada, assim, deve ser o exame de escolha se algum metal estiver presente na cavidade oral.

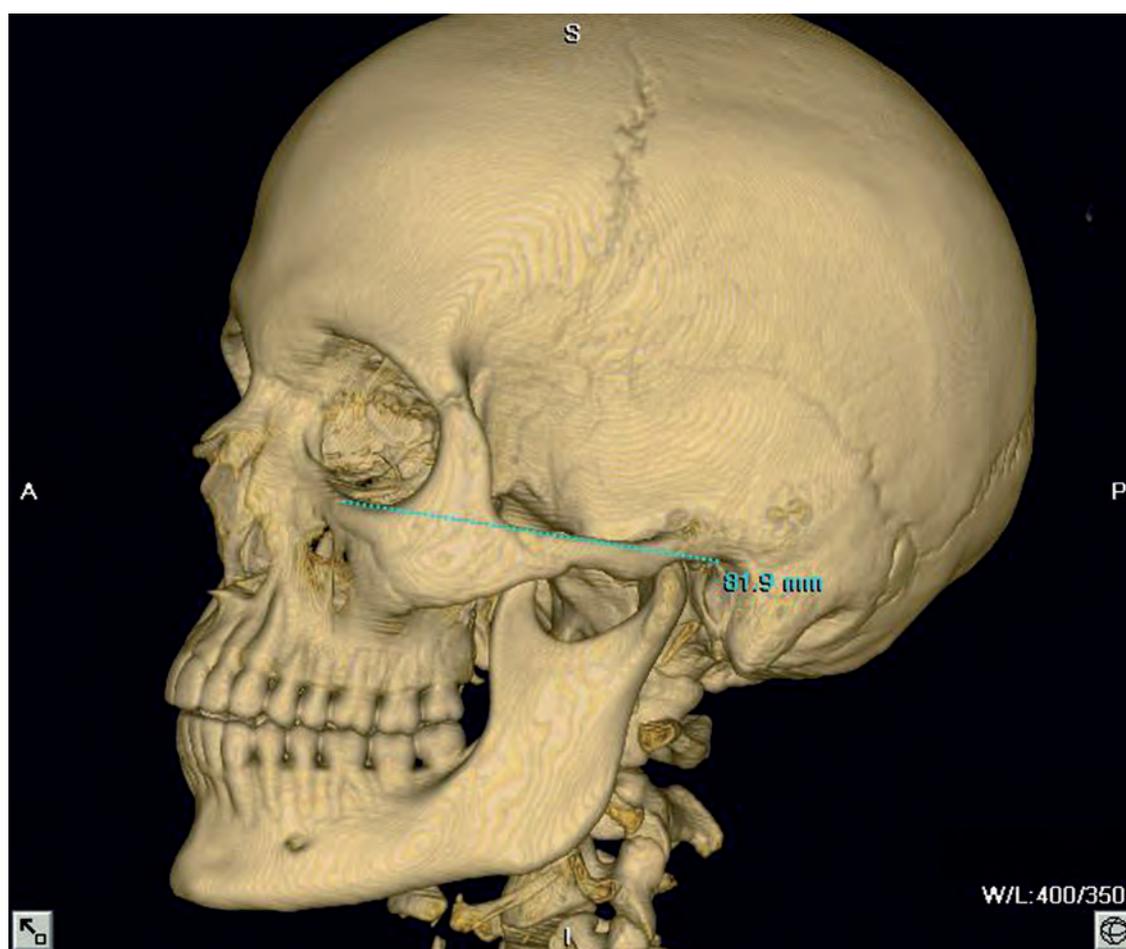
Outra aplicação importante da TC *multislice*, na Ortodontia e Cirurgia Ortognática diz respeito à construção de protótipos para o planejamento cirúrgico e/ou construção de guias e placas para fixação rígida obtidas por meio de reconstruções em 3D. As anomalias craniofaciais mais complexas requerem imagens mais precisas e detalhadas para possibilitar a confecção destes protótipos, principalmente nos casos onde a TCFC ainda não for capaz de oferecer o nível de exatidão obtido com a TC *multislice*.

Finalmente, o uso da TC *multislice* em pesquisas científicas tem possibilitado achados importantes, principalmente relacionados ao desenvolvimento de uma cefalometria em 3D. A demarcação de pontos é vital na obtenção de medidas lineares e angulares precisas e acuradas. O uso de programas de cefalometria permite a demarcação de pontos nas imagens digitais diretamente no monitor do computador, por meio do dispositivo apontador (*mouse*), e, em função dos recursos gráficos e de tratamento de imagem, podem influenciar a quantidade de erro e melhorar a precisão na obtenção das medidas cefalométricas, entretanto, independentemente do método escolhido, a precisão da mensuração é diretamente dependente da seleção de referências cefalométricas precisas e bem delimitadas. Dessa forma, a TC, por se tratar intrinsecamente de um método tridimensional, gera uma aquisição volumétrica que não apresenta os mes-

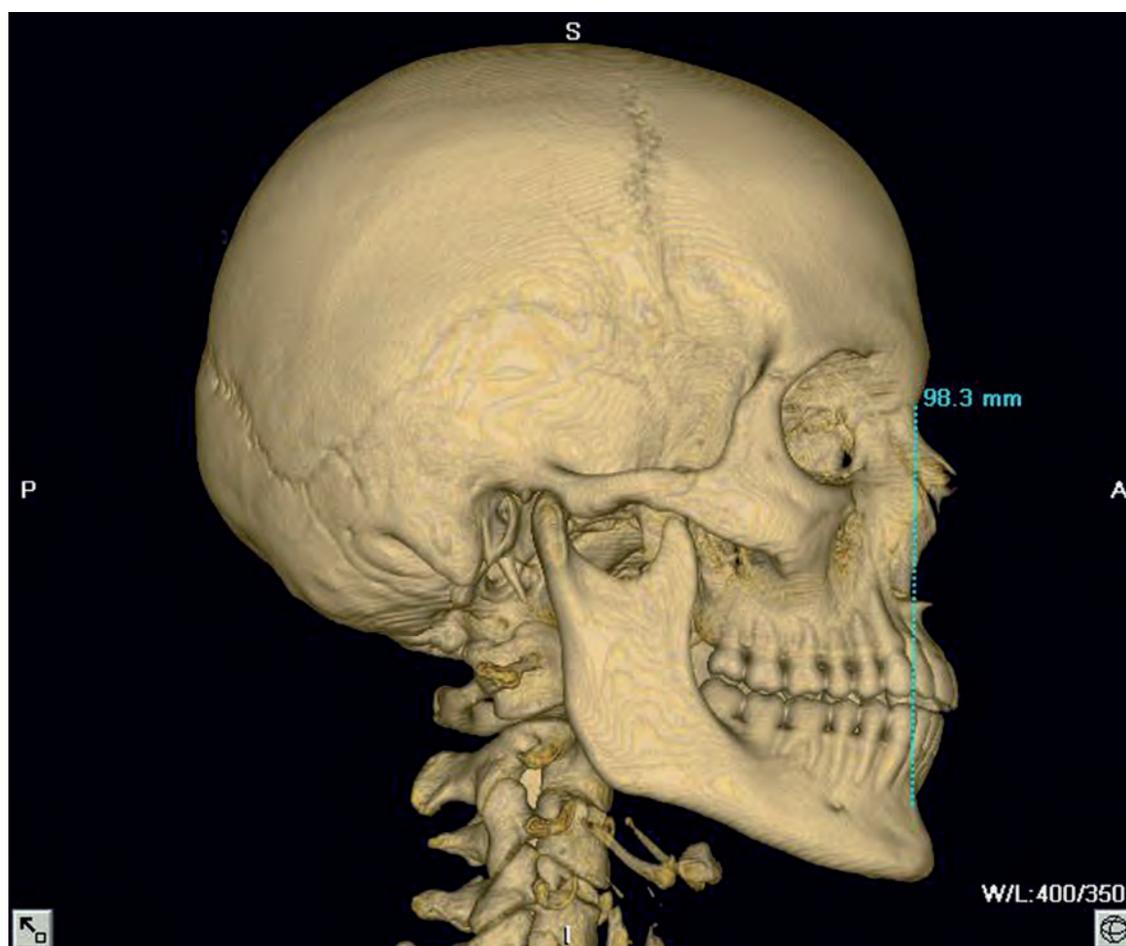
mos problemas da técnica cefalométrica convencional favorecendo sobremaneira a visualização, localização dos pontos e respectivas medidas craniofaciais (Figs. 1A-E). Quanto à obtenção das imagens a partir da TC, os primeiros trabalhos de pesquisa que compararam medidas cefalométricas em imagens tridimensionais e/ou reformatações multiplanares, em crânios secos humanos ou em cabeças de cadáveres, utilizaram protocolos que empregavam a TC convencional e a TC espiral *single-slice* e o método de reconstrução das imagens, era pela técnica de superfície (*surface rendering*). Recentemente, é que se passou a utilizar a TC *multislice* e o método de volume (*volume rendering*). Vários autores afirmaram a importância da seleção de um protocolo adequado para a aquisição dos dados originais (cortes axiais) para a TC espiral. A espessura de corte e o intervalo de reconstrução são fatores extremamente importantes na aquisição de imagens com finalidade



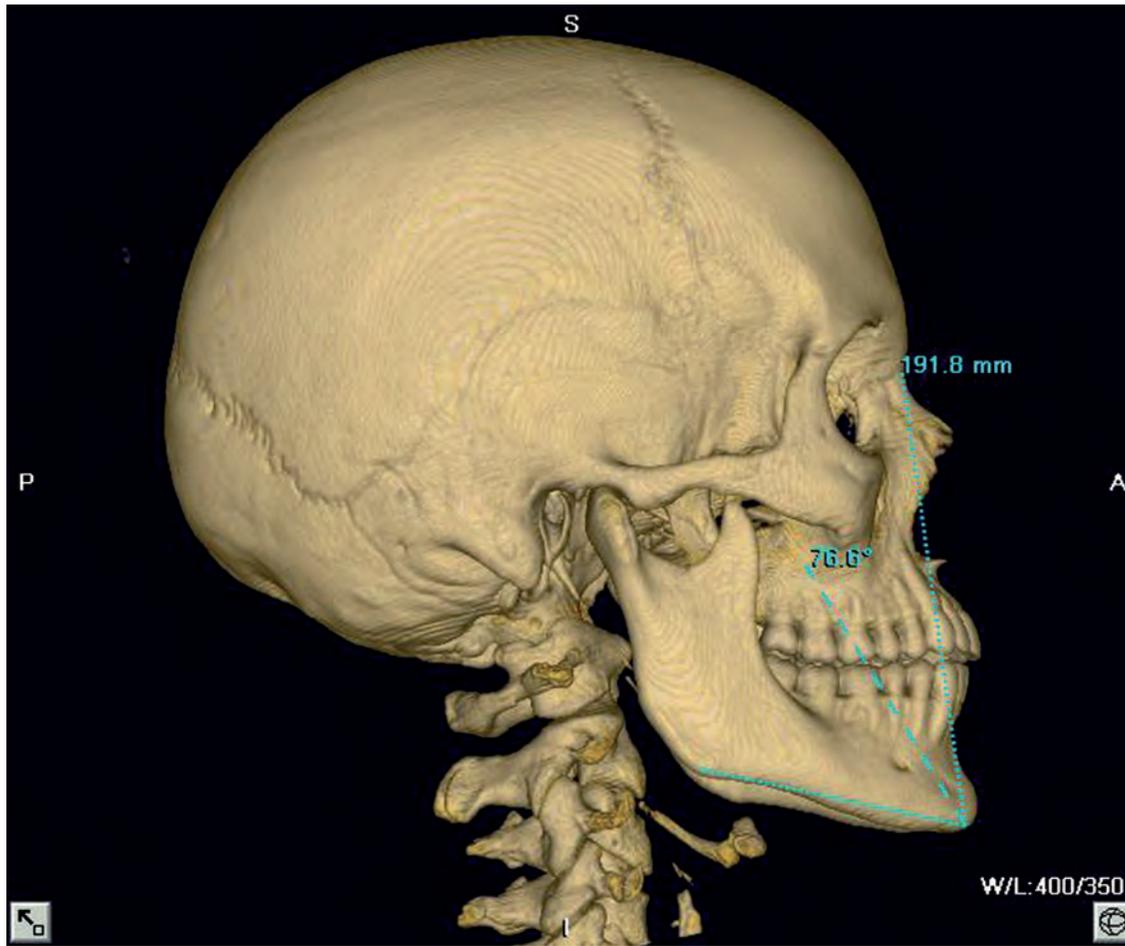
▲ **Figura 1** – Demarcação de pontos e obtenção de medidas lineares e angulares craniofaciais na reconstrução em 3D pela técnica de volume, empregando-se o *software* Vitrea® (Vital Images, Inc., Plymouth, MN, EUA). Imagem de TC *multislice*, com 0,5 mm de espessura de corte por 0,3 mm de intervalo de reconstrução, obtida por meio de um aparelho Aquilion 16® – (Toshiba Medical) localizado no Instituto do Coração de São Paulo – INCOR/FMUSP, e processada no Labi-3D/FOUSP ([www.fo.usp.br/labi3d](http://www.fo.usp.br/labi3d)). ▲ **Figura 1A** – Zm-Zm (distância entre os pontos Zm direito e esquerdo representando a largura maxilar, 89,60 mm).



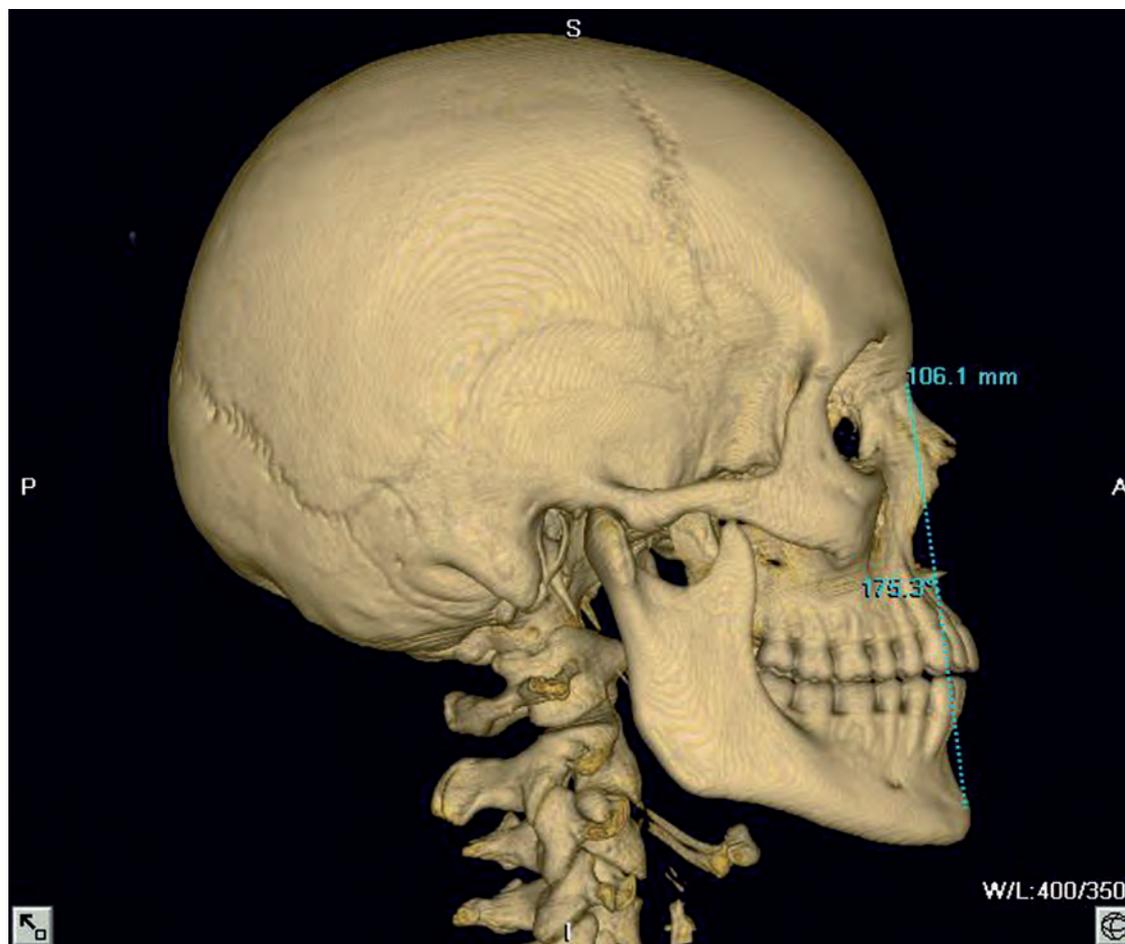
▲ **Figura 1B** – Po-Or (distância entre os pontos Pório e Orbitário representando o plano de Frankfurt, 81,90 mm).



▲ **Figura 1C** – N-B (distância entre os pontos Násio e B determinando o posicionamento da região anterior da mandíbula em relação à base do crânio, 98,30 mm).



▲ Figura 1D – Medida angular N.Me.Go, 76.60°.



▲ Figura 1E – Medida angular N.A.Pg, 175.30° (Lopes, 2006).

de reconstruções em 3D, para a obtenção de medidas cefalométricas precisas e acuradas. Dessa forma, cortes finos e intervalos de reconstrução menores, permitem a reconstrução das imagens com uma maior fidelidade e riqueza de detalhes. Aliado ao protocolo de aquisição dos dados originais, o método de reconstrução das imagens, afigura-se com grande importância na obtenção de imagens mais fiéis e com uma maior possibilidade de interatividade. Hoje em dia a técnica de superfície é considerada limitada em comparação com a técnica de volume. Na técnica de superfície, há uma perda de informações, pois nem todos os *voxels* dos dados originais são utilizados na reconstrução da imagem, gerando a impossibilidade de visualização das estruturas internas do volume anatômico, assim como a presença de brilho e sombra na imagem dificulta a localização de pontos anatômicos. Em contrapartida, na técnica de volume, as informações originais são preservadas e é possível a observação de estruturas internas, em diferentes níveis de transparência, ou em diferentes matizes.

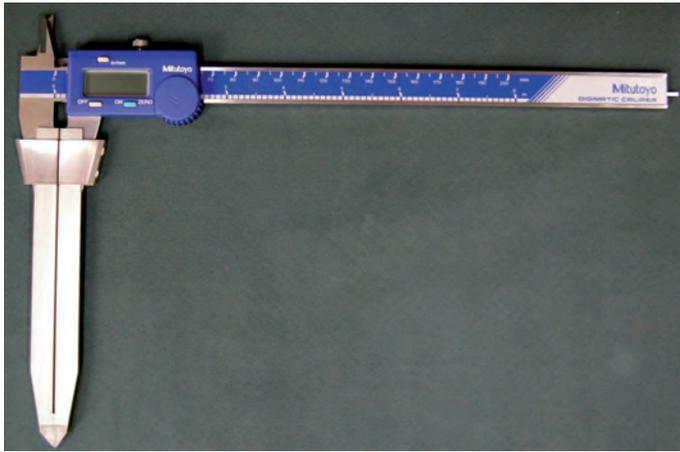
Para os autores belgas, Swennen e Schutyser, a cefalometria a partir da TC *multislice* é uma poderosa ferramenta de diagnóstico com diversas vantagens: (1) avaliação verdadeiramente volumétrica em 3D dos tecidos duros e moles da cabeça, em tamanho real; (2) escala 1:1 e análise cefalométrica em 3D em tempo real; (3) nenhuma sobreposição de estruturas anatômicas; (4) exatidão e alta confiabilidade. Embora a cefalometria em 3D a partir da TC *multislice* seja um grande avanço em relação à cefalometria convencional, a aquisição de dados apresenta ainda alguns inconvenientes: (1) a posição horizontal do paciente durante o registro impossibilita uma avaliação correta dos tecidos moles; (2) falta de uma oclusão detalhada devida aos artefatos metálicos; (3) limitação ao acesso para o paciente, por causa do custo mais alto, e (4) exposição de radiação maior do que outros sistemas da aquisição de imagens craniofaciais por raios X.

O estudo de mensurações cefalométricas é fundamental no diagnóstico e planejamento de tratamento de injúrias, anomalias e assimetrias craniofaciais, na avaliação quantitativa da morfologia e crescimento craniofacial, na identificação forense, bem como no planejamento pré e avaliação pós-cirúrgica. Dentre os diversos métodos de imagem utilizados, a tomografia computadorizada também é empregada para avaliar a localização de pontos craniométricos, permitindo, desta forma, testar a precisão e acurácia de medidas craniométricas em diversas aplicações.

A imagem em 3D é uma ferramenta de grande valor para averiguar áreas de deformidades, níveis de assimetria e a relação relativa entre os diferentes componentes da face. A “teleortodontia” é uma das aplicações promissoras, por permitir a transmissão de dados completos em 3D dos pacientes, principalmente nos casos em que há necessidade de tratamento interdisciplinar. As mensurações em 3D-TC proporcionam uma avaliação real das mudanças no crescimento e desenvolvimento, uma vez que representam uma anatomia fidedigna.

Lopes, em 2006, em tese de doutorado em Radiologia, realizou um estudo craniométrico comparativo utilizando 18 medidas cefalométricas, entre as imagens em 3D obtidas de crânios humanos secos por meio da TC *multislice*, com as medidas físicas obtidas diretamente nessa amostra de 10 crânios, pertencentes ao departamento de morfologia da Escola Paulista de Medicina (UNIFESP). Assim, a proposta deste trabalho foi a de avaliar a precisão e acurácia de algumas medidas cefalométricas lineares utilizadas pelo ortodontista, onde os pontos e as mensurações cefalométricas foram selecionados baseados na literatura científica. Os dados de TC foram obtidos por meio de uma TC *multislice* de 16 canais (Aquilion16<sup>®</sup> – Toshiba Medical, Tóquio, Japão) pertencente ao Instituto do Coração de São Paulo (INCOR-FMUSP) utilizando um protocolo com espessura de corte de 0,5 mm e intervalo de reconstrução de 0,3 mm. As imagens em 3D foram obtidas na *workstation* do Labi-3D da FOUSP por meio do *software* Vitrea<sup>®</sup> (Vital Images, Inc., Plymouth, MN, EUA). Após a obtenção da reconstrução das imagens em 3D-TC no Labi-3D utilizando o programa de visualização volumétrica Vitrea<sup>®</sup>, os pontos cefalométricos foram localizados por 2 examinadores experientes, e foram realizadas as mensurações lineares em milímetros, ambos em 3D-TC.

As medidas físicas lineares foram obtidas diretamente nos crânios secos, por um caliper digital (Mitutoyo<sup>®</sup>, série 167), com 0,3 mm de espessura de ponta, com o intuito de fazer coincidir com a espessura do intervalo de reconstrução da TC. Este instrumento de medição foi especialmente desenvolvido pela Mitutoyo<sup>®</sup> (Mitutoyo Sul Americana, Suzano, Brasil) para esta pesquisa (Fig. 2). Essas medidas foram realizadas nas dependências da EPM/UNIFESP por um terceiro examinador, uma única vez, que não teve conhecimento das medidas nas imagens. A análise dos dados consistiu na comparação das medidas realizadas diretamente nos crânios com as imagens em 3D-TC, e



▲ **Figura 2** – Paquímetro digital Mitutoyo® (série 167) utilizado nesta pesquisa. (Mitutoyo Sul Americana, Suzano, Brasil) (Lopes, 2006).

entre as medidas interexaminadores feitas na imagem em 3D-TC. Para isso, utilizou-se uma ANOVA (análise de variância), a fim de verificar a acurácia e precisão destas medidas. Não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes entre as medidas intra-examinadores e interexaminadores nem entre as medidas físicas em 3D, com  $p > 0,6$ . Em conclusão, todas as medidas lineares craniofaciais foram consideradas acuradas e precisas.

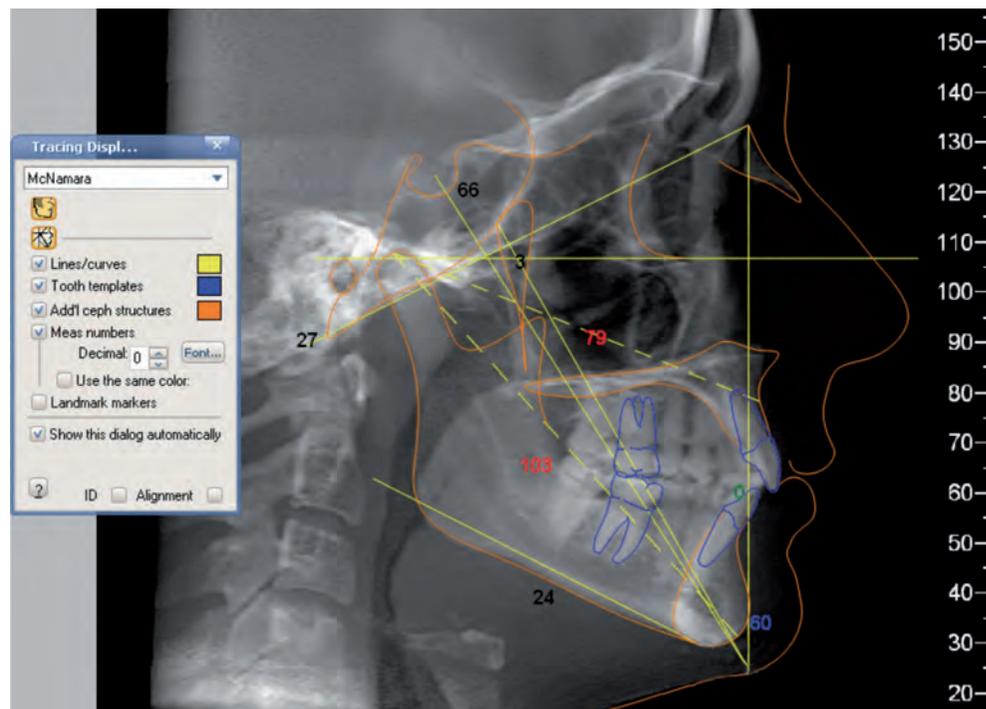
Nesta mesma linha de pesquisa e utilizando a amostra de Lopes (2006), Accorsi realizou, em 2007, um trabalho para comparar medidas cefalométricas lineares obtidas por meio de telerradiografias em normas lateral e frontal, com medidas obtidas com a TC *multislice*, verificar a acurácia na comparação com o padrão-ouro (medidas físicas) e checar a precisão intra-examinador e interexaminadores na localização de 8 medidas cefalométricas. As imagens de 3D-TC foram obtidas pela metodologia do trabalho de Lopes (2006). Os dados originais foram transferidos para uma estação de trabalho independente com o programa de visualização volumétrica Vitrea®, onde as medidas foram realizadas em 3D com o auxílio das reconstruções multiplanares, a fim de permitir a comparação com as medidas realizadas a partir das telerradiografias em normas lateral e frontal, com o auxílio do *software* Dolphin® (Fig. 3) (Dolphin Imaging and Management Solutions, Chatsworth, USA). As medidas obtidas por meio da 3D-TC apresentaram erros intra-examinador e interexaminadores insignificantes em termos percentuais, e correlações intraclassas altas com intervalos de confiança estreitos, para todas as medidas. Com relação à acurácia, a 3D-TC apresentou valores altos para as

correlações intraclassas e intervalos de confiança (95%) estreitos nas comparações com o padrão-ouro, para todas as medidas. As medidas obtidas nas telerradiografias foram extremamente inacuradas com exceção da grandeza Co-Gn que se apresentou precisa e acurada, o que foi um achado interessante nesse trabalho, pois o efeito paralaxe\* ao que parece, permitiu uma compensação exata da magnificação inerente aos feixes de raios X em função do trajeto em diagonal desta grandeza ao longo dos planos sagital, coronal e axial (Fig. 4). A imprecisão apresentada nas telerradiografias em norma frontal pela grandeza Zm(d)-Zm(e) esteve relacionada, provavelmente, à dificuldade de localização dos pontos Zm bilaterais por ser uma referência anatômica localizada em sutura, em contraste com a facilidade de visualização da anatomia real proporcionada pela TC *multislice*.

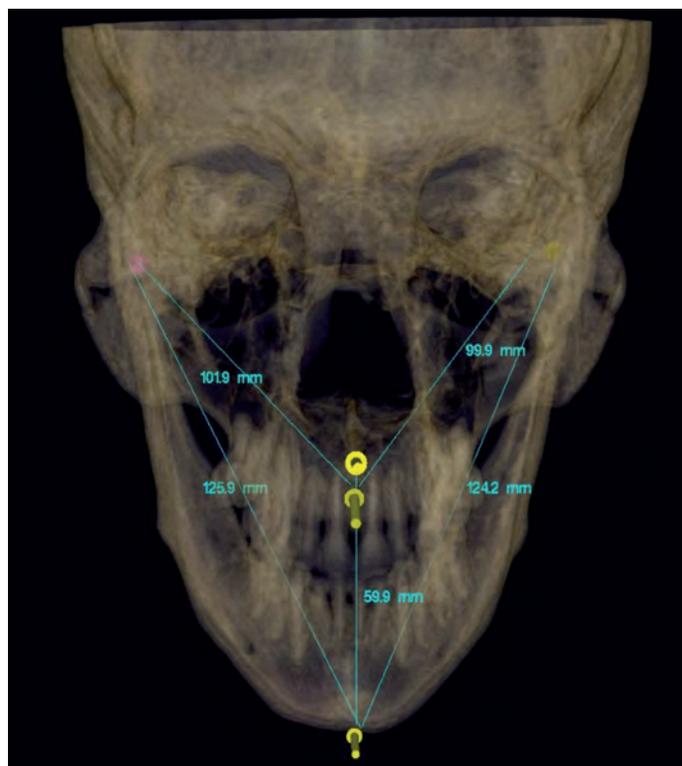
Como comentado, os passos para a obtenção de dados de uma radiografia, estão associados a determinada quantidade de erro. A soma desses erros é expressa na mensuração usada para se fazer o diagnóstico, o plano de tratamento e na comparação das radiografias pré e pós-tratamento. Alguns dos erros são inerentes ao equipamento e alguns são cometidos pelo operador, examinador ou clínico interpretando a radiografia. Então, a cefalometria radiográfica deve ser usada como um auxílio no diagnóstico ou na comparação, mas não deve ser utilizada como um método preciso de se obterem valores absolutos. Um objetivo fundamental da nova tecnologia de imagem é a precisão de dados e imagens que podem ser produzidas, representando fielmente a anatomia e função do paciente. Informações precisas e confiáveis geram um diagnóstico mais preciso, e um melhor entendimento da Ortodontia como um todo. Desta forma, é evidente que as vantagens da TC para a Ortodontia vão além da real possibilidade de se produzir uma análise cefalométrica em 3D, com um incremento significativo para o diagnóstico, planejamento e avaliação de resultados, principalmente nos pacientes que possuem assimetrias ou outras anomalias craniofaciais mais complexas.

As imagens radiográficas convencionais ainda terão seu espaço no cenário ortodôntico, principalmente pelo custo reduzido e pela logística favorável. Além disso, as estatísticas dos padrões de normalidade para crescimento de várias populações, foram obtidas por

\* Do Gr. *parállaxis*, mudança, deslocamento da posição aparente de um corpo, devido a uma mudança de posição do observador.



▲ **Figura 3** –Tela ilustrativa do software Dolphin® (Dolphin Imaging and Management Solutions, Chatsworth, EUA). Telerradiografia em norma lateral.



▲ **Figura 4** –Trajetória espacial em 3D das medidas Co-A (Condílio – Ponto A), CO-Gn (Condílio-Gnátio) e ENA-Me (Espinha Nasal Anterior – Mentoniano) nas imagens de 3D-TC (Accorsi, 2007).

meio da cefalometria radiográfica, o que requer ainda novos estudos por meio da TC. A cefalometria radiográfica tem, também, um papel didático importante na formação do profissional especialista em Ortodontia e Cirurgia Ortognática. Entretanto, é necessário um entendimento de que as análises cefalométrica em

3D estão em desenvolvimento em alguns centros de pesquisa ao redor do mundo, e essa mudança de paradigma no diagnóstico e planejamento em Ortodontia, demandará ainda algum tempo. Porém, o futuro do diagnóstico e planejamento por meio de imagens em Ortodontia e Cirurgia Ortognática estará, certamente, nas múltiplas técnicas tomográficas que permitem a visualização da anatomia real e tridimensional dos pacientes.

## TCFC

Dentre as técnicas tomográficas podem ser úteis em Ortodontia, a tomografia computadorizada por feixe cônico (TCFC) é utilizada para a obtenção de imagens da região craniofacial, pois é extremamente útil para avaliar os tecidos duros. Existem vários aparelhos sendo comercializados na atualidade, cada qual com características e indicações mais específicas para o uso em Ortodontia e Cirurgia Ortognática, por possibilitar que o paciente fique sentado durante a aquisição do exame, e não deitado, o que dificultaria a avaliação dos tecidos moles da face em uma posição natural da cabeça. Além disso, o tipo de elemento detector, ou sensor (*amorphous silicon*) e o FOV estendido (EFOV – *Extended field of view*) de 17 cm de altura por 23 cm de diâmetro são outros diferenciais.

A apresentação das imagens pode ser feita de várias maneiras por meio de *softwares* específicos, que incluem as reformatações parassagitais para a visualização das

ATMs ou de um dente incluso; reformatações curvas, semelhantes às imagens geradas na radiografia panorâmica, que podem abranger as estruturas de escolha do profissional; reformatações que podem gerar informações importantes no planejamento de implantes, onde é possível acompanhar, por exemplo, o trajeto do canal mandibular; reconstruções em 3D, que podem servir para a obtenção de medidas craniométricas ou para a obtenção de imagens laterais que podem ser exportadas e analisadas em *softwares* específicos de cefalometria. Outra técnica de reconstrução em 3D é a MIP (*Maximum Intensity Projection*) – em que a imagem pode adquirir variações de transparências, em função dos valores dos voxels (Fig. 5). Com a TCFC, a magnificação projecional é computacionalmente corrigida durante a reconstrução primária, criando uma imagem ortogonal. Quando um padrão conhecido é posicionado no campo de visão do TCFC, os cefalogramas laterais podem ser calibrados para uma relação real de 1:1 das estruturas que estão sendo obtidas. Uma grande vantagem da imagem frontal gerada pela TCFC é a de existirem *softwares* capazes de extrair porções não pertencentes como à coluna cervical e o osso occipital, evitando desta forma as sobreposições destas estruturas irregulares. As imagens frontais geradas por TCFC permitem a visualização precisa da imagem pertinente às estruturas maxilofaciais e as suas inter-relações.

Hilgers et al. realizaram, em 2005, um estudo para definir as reformatações multiplanares de TCFC para avaliar a ATM e comparar a acurácia de medidas lineares das ATMs e estruturas correlatas com a projeção de medições similares realizadas por meio de cefalo-

gramas convencionais e com o padrão-ouro (anatomia real). A variação intra-examinador foi altamente confiável na TCFC comparada com a anatomia real e significativamente mais confiável do que nas imagens de telerradiografias em normas lateral, frontal e submentovértex.

### Fotografia em 3D

Uma fotografia facial convencional é uma representação simples bidimensional, que não apresenta nenhuma correlação com o esqueleto de suporte. O volume em 3D pode proporcionar vistas frontais, laterais ou qualquer outra vista facial que o usuário escolha. Pela alteração da translucidez da imagem, pode-se determinar uma relação específica entre o tegumento e o esqueleto, com implicações significativas no planejamento do tratamento ortodôntico e de Cirurgia Ortognática e outros tratamentos que podem alterar a aparência facial (Fig. 6). Para capturar de forma precisa e acurada a topografia facial, foi desenvolvida uma tecnologia que emprega abordagens de Engenharia, que integra programas sofisticados numa técnica chamada “esterofotogrametria ativa” com componentes de *softwares* industriais. A companhia americana 3dMD® (3dMD® Atlanta, EUA) lançou recentemente no mercado um sistema que permite uma captura ultra-rápida (1,5 milissegundos) da superfície facial por meio de câmeras integradas que utilizam o princípio da triangulação (Fig. 7). Essa velocidade elimina qualquer possibilidade de movimento do indivíduo durante a tomada da fotografia evitando, desta forma, artefatos



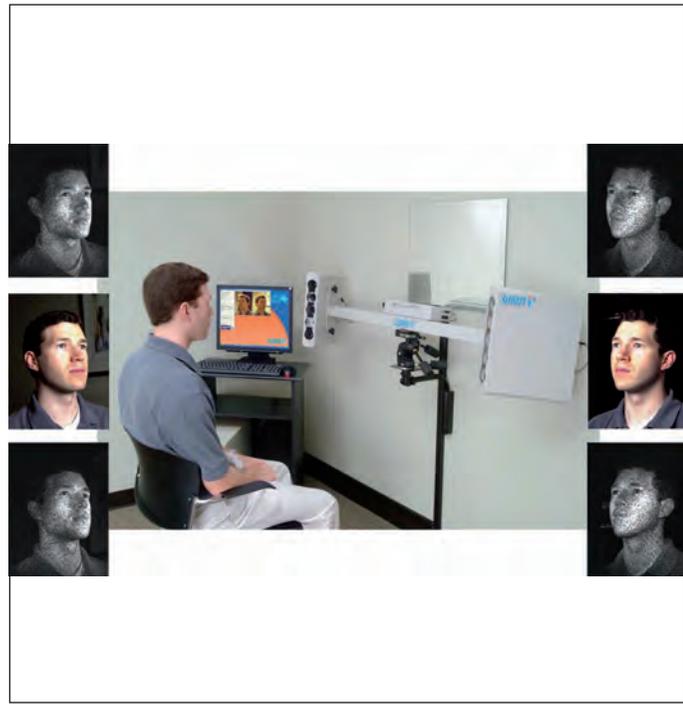
▲ **Figura 5** – Imagem lateral e frontal por MIP (*maximum intensity projection*) proveniente de uma TCFC (Imaging Sciences International, Hatfield, EUA).



▲ **Figura 6** – Imagem de TCFC reconstruída com a imagem em 3D da face do paciente, obtida pelo sistema Di3D®.

na imagem. De forma complementar, informações detalhadas sobre a superfície da pele como póros, rugas, etc., também são registradas por meio de uma luz projetada de forma padrão. Uma vez que a geometria é calculada, o *software* 3dMD® mapeia com alta resolução a textura e a cor da pele do indivíduo (Figs. 8 a 10). Os programas que gerenciam estas imagens permitem uma grande interatividade com o operador, que pode observar a imagem, de vários pontos de vista diferentes e também realizar medidas cefalométricas. A 3dMD® lançou em maio de 2007, no congresso da Associação Americana de Ortodontia, a última versão do *software* 3dMD Vultus® que permite a integração de dados de TC e o planejamento e a simulação de resultados ortodôntico-cirúrgicos.

Outro sistema que também está disponível no mercado é comercializado pela companhia americana Dolphin Imaging & Management Solutions em parceria com a companhia Dimensional Imaging (Di3D®). A exemplo do sistema anterior, o Di3D® também utiliza a técnica da estereofotogrametria, com a utilização simultânea de 4 câmeras digitais calibradas, de 8 megapixels cada, para a captura instantânea de dois estereopares de imagens. Essas imagens são automati-



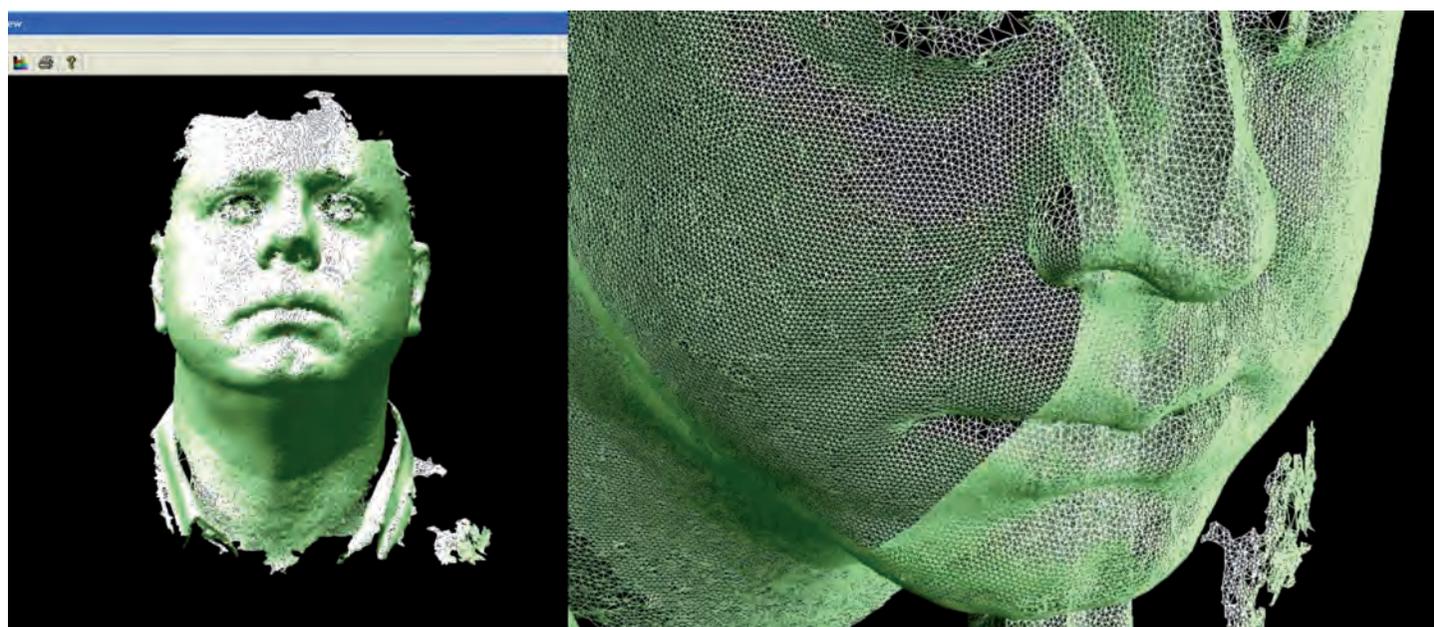
▲ **Figura 7** – Equipamento para a obtenção de fotografia facial em 3D (3dMD® – Atlanta, EUA) onde se pode notar a estrutura de câmeras montadas que, por meio da estereofotogrametria ativa, permitem a captura de toda a topografia facial, incluindo detalhes como textura e cor da pele, de forma acurada e precisa, por incorporar o uso de um padrão de luz único projetada, que é a base da triangulação geométrica em 3D ([www.3dmd.com](http://www.3dmd.com)).

camente processadas por meio de um *software* próprio para produzir imagens em 3D de alta definição da superfície facial. Este sistema também permite a fusão de imagens com dados de TCFC, com a possibilidade de obtenção de medidas cefalométricas (Fig. 11).

O processo de mapear a face com *laser* é baseado no mesmo princípio do uso de um *software* para interpretar das distorções de uma luz projetada na face do paciente. Nesta técnica, ao invés de luz visível, é projetado um feixe de *laser* de baixa intensidade, na face do paciente. Este feixe pode ser projetado no sentido vertical ou horizontal. Quando o mapeamento é feito utilizando um feixe de *laser* no sentido vertical, o paciente é rotacionado sob controle do computador acoplado ao equipamento, e a distorção desta linha que ilumina a face é gravada a cada 2,8° de rotação, sendo que na porção central a cada 1,4°, as imagens são gravadas. Quando se utiliza a projeção de uma linha horizontal, esse feixe move-se a partir da porção mais superior para a mais inferior da face, enquanto as distorções são gravadas. O tempo do mapeamento varia de 17 segundos, para a projeção vertical, a menos de 1 segundo para a horizontal. Os dados do mapeamento são interpretados por um *software* específico,



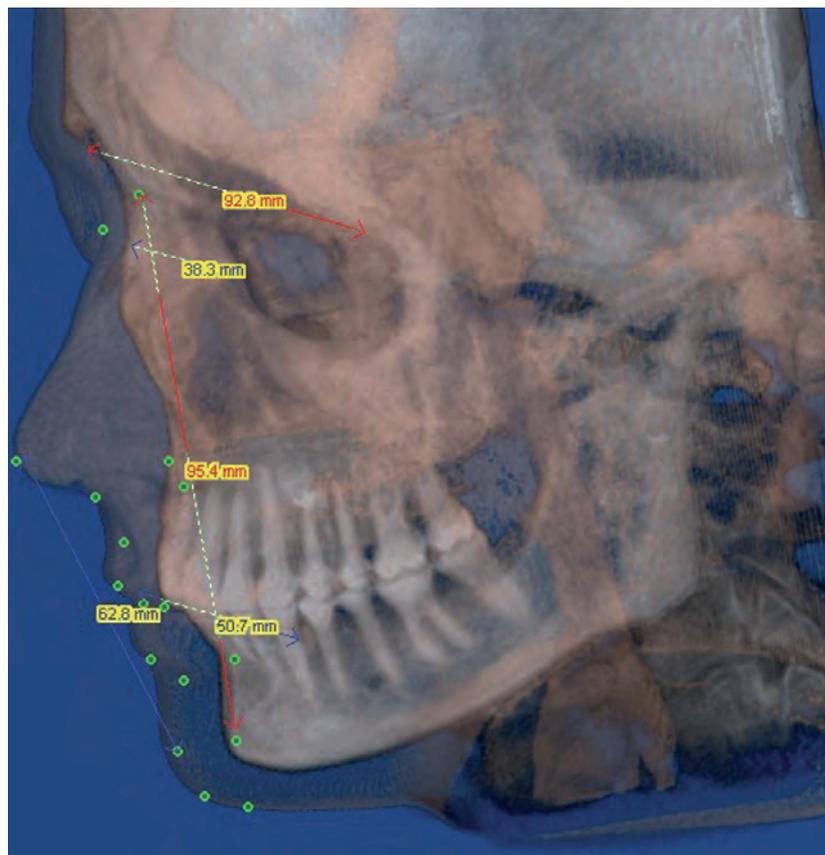
▲ **Figura 8** – Fotografia convencional bidimensional.



▲ **Figura 9** – Estrutura poligonal capturada pelo sistema 3dMD® (Atlanta, EUA) onde podem ser notados os contornos da topografia facial do indivíduo.



▲ **Figura 10** – Aspecto final após a reconstrução dos dados capturados pelo sistema 3dMD® (Atlanta, EUA).



▲ **Figura 11** – Obtenção de medidas cefalométricas na visualização dos tecidos duros e moles por transparência.

que cria o modelo digital tridimensional do paciente. No computador, este modelo pode ser movimentado em qualquer direção para a visualização total da face do paciente. Neste método, a textura e cor da face não são incluídas no modelo computadorizado do paciente, sendo necessário utilizar uma câmera convencional adicional para a obtenção destes dados.

A aquisição de imagens tridimensionais da superfície facial é relativamente simples e de baixo custo; no entanto, a obtenção de imagens precisas, tanto pelo método óptico-geométrico digital ou pelo mapeamento a *laser*, pode ser dificultada devido à refletância tecidual, por interferências na região dos olhos e cabelos, alteração da postura da cabeça e movimentação do paciente durante o exame.

### Aplicações clínicas da Ortodontia tridimensional digital

**Avaliação esquelética:** a visualização volumétrica em 3D do esqueleto é uma nova maneira de avaliar as inter-relações entre as estruturas maxilomandibulares e a base do crânio. Estas imagens permitem a inspeção da morfologia óssea dos maxilares. A altura do osso alveolar é particularmente importante em

adultos e em pacientes comprometidos periodontalmente. Irregularidades na superfície óssea devido a dentes ectópicos, deiscências ósseas, invaginações da glândula salivar e outras anormalidades podem ser observadas nas imagens 3D. Uma vez que estas irregularidades em alguns casos se estendem nos alvéolos entre as raízes, sua identificação precisa traz grande benefício ao ortodontista durante o planejamento do tratamento.

**Avaliação do processo alveolar:** a vista frontal das arcadas dentárias habilita o clínico a acessar as dimensões transversais, verticais e o volume, e avaliar as discrepâncias interarcadas e os limites verticais do movimento dentário. A vista frontal pode ser correlacionada com as vistas das ATM e sua inter-relação com as posições cuspídeas. As vistas oclusais das arcadas dentárias revelam a posição dos dentes e a forma do osso de suporte. Traçados com as formas dos arcos são tipicamente feitos na altura do alvéolo, mas podem variar de acordo com a preferência do usuário. As formas de arcadas podem então ser sobrepostas para revelar discrepâncias ou compatibilidade. Elas podem também ser impressas para a confecção de arcos ortodônticos. No futuro, estas imagens proporcionarão mensurações para a realização de análises oclusais.

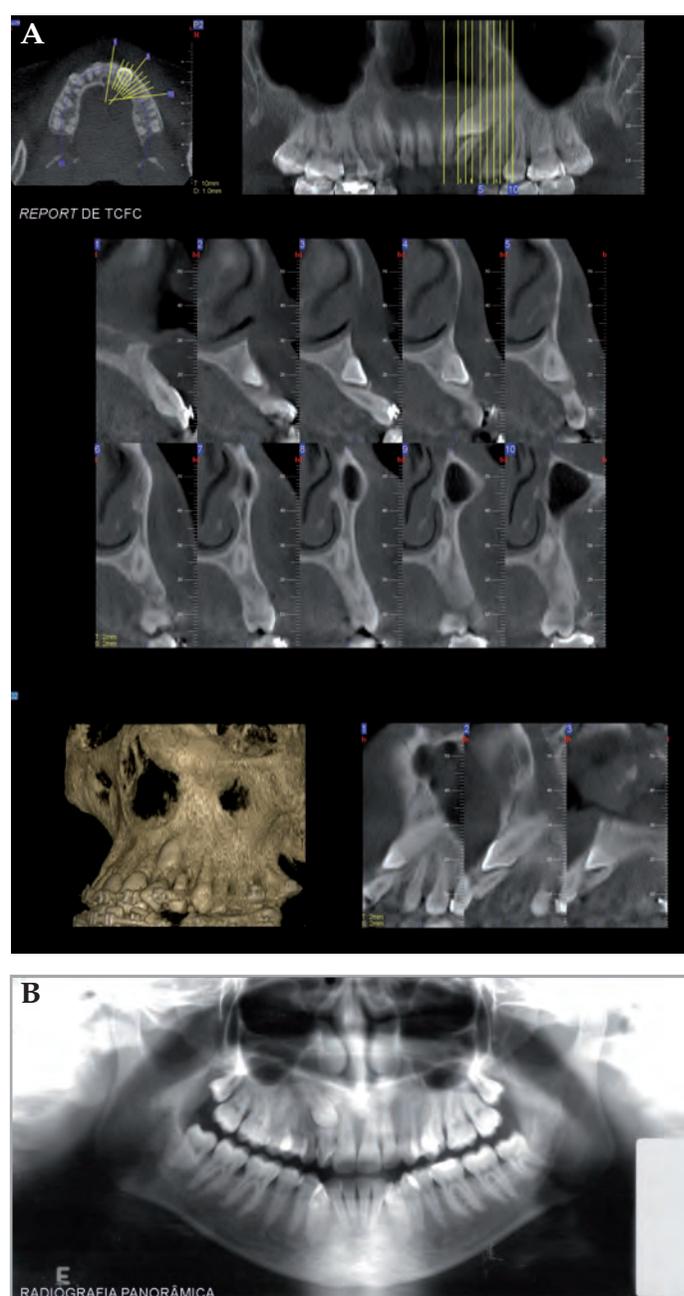
**Dentes impactados, reabsorções radiculares e fraturas dentárias:** a TC facilita o tratamento de caninos impactados (Fig. 12), em especial quando os dentes estão posicionados de forma muito oblíqua na arcada, onde os exames convencionais não são conclusivos e, ainda, pode detectar as reabsorções dos incisivos adjacentes, em particular aquelas localizadas nas superfícies vestibular e palatina, que são mais bem visualizadas. As reabsorções externas associadas à inflamação dos tecidos marginais determinam uma condição clínica

difícil de diagnosticar. A TC permite uma determinação exata da extensão da lesão, pela diferenciação entre a reabsorção superficial (cimento/dentina) e a que se estende à polpa. As fraturas dentárias que não estão situadas paralelas à incidência do feixe de raios X também são de difícil diagnóstico com as técnicas convencionais. Os cortes axiais são ideais para o diagnóstico precoce das fraturas verticais, uma vez que o plano é perpendicular à linha de fratura.

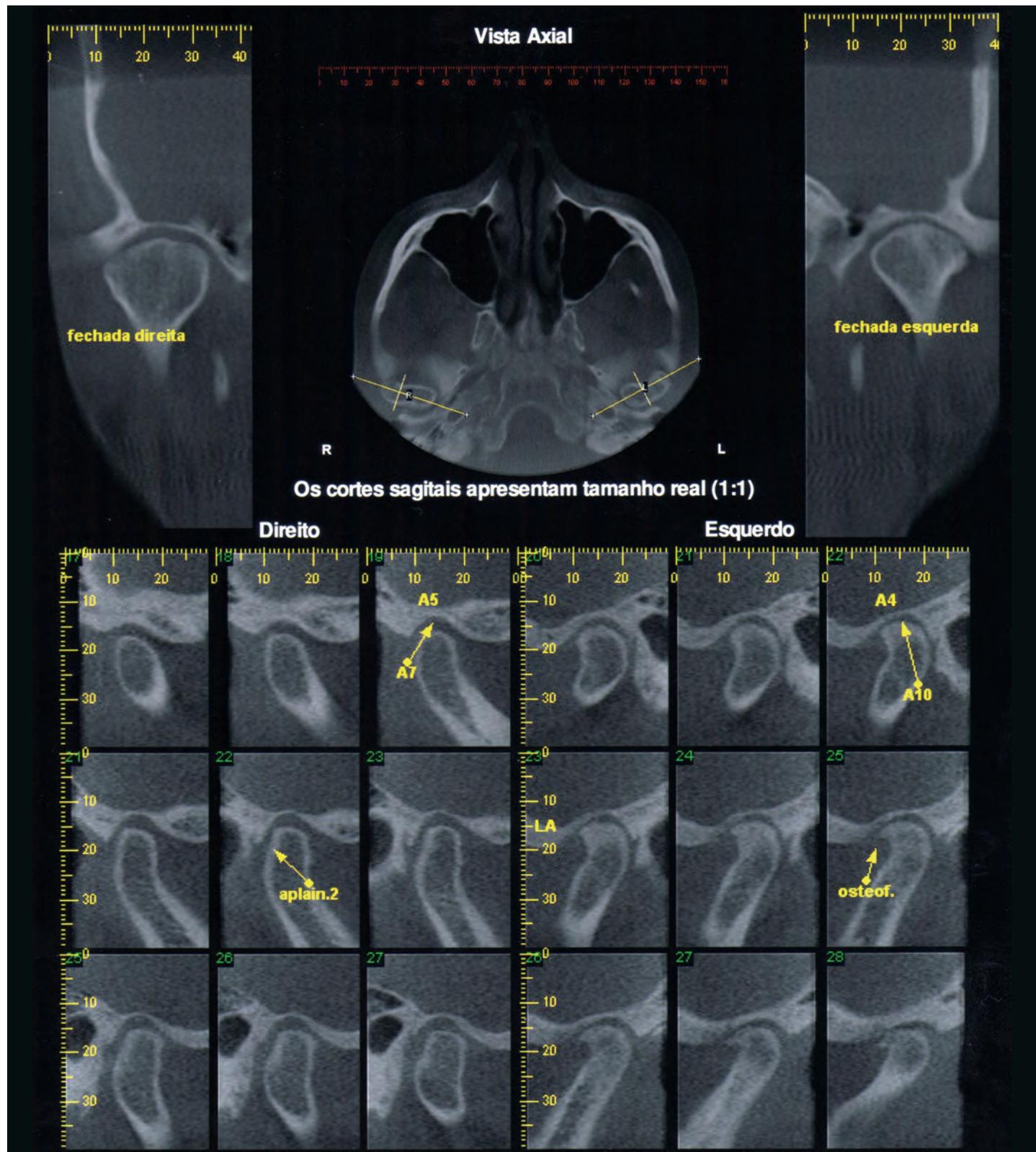
**Avaliação em 3D da oclusão:** a vista panorâmica e da dentição em 3D pode ser similar à da radiografia panorâmica tradicional, porém é consideravelmente melhor, porque não há sobreposição da coluna cervical e do lado contralateral. Além disso, não há a projeção de artefatos, e a espessura do corte e a localização são de escolha do usuário. Alguns pacientes apresentam osso alveolar delgado em torno das raízes. A identificação dessa condição em tempo hábil pode permitir ao ortodontista ficar alerta e eventualmente procurar o auxílio de outras especialidades. Na dentição mista, essas projeções podem efetivamente ilustrar todo o processo de desenvolvimento da oclusão e do desenvolvimento dos dentes, suas posições relativas e a formação das raízes. Dessa forma, essa avaliação habilita o clínico a gerenciar o processo eruptivo dos dentes e a realizar intervenções em tempo hábil, quando os problemas surgem.

**Articulação temporomandibular:** seções coronais e sagitais das ATMs estão incluídas na análise ortodôntica em 3D. Estes cortes das ATMs podem ser correlacionados com as vistas oclusais, porque todo o volume é produzido de uma só vez. A TC fornece excelentes imagens dos componentes ósseos, porém inadequadas para visualizar o disco articular, e pode ser utilizada, principalmente, na avaliação de tumores, hiperplasia condilar, anquiloses, processos traumáticos e ósseos degenerativos da articulação, ou seja, nas alterações morfológicas dos componentes ósseos articulares (Fig. 13).

**Seios maxilares e vias aéreas:** uma análise coronal, sagital e oblíqua dos seios maxilares e das vias aéreas pode ser realizada. Esta informação é particularmente relevante ao ortodontista, pois a obstrução das vias aéreas e a conseqüente respiração bucal podem ser consideradas um fator etiológico primário de má oclusão. A TC apresenta várias vantagens no estudo das vias aéreas superiores, tais como: técnica realizada na



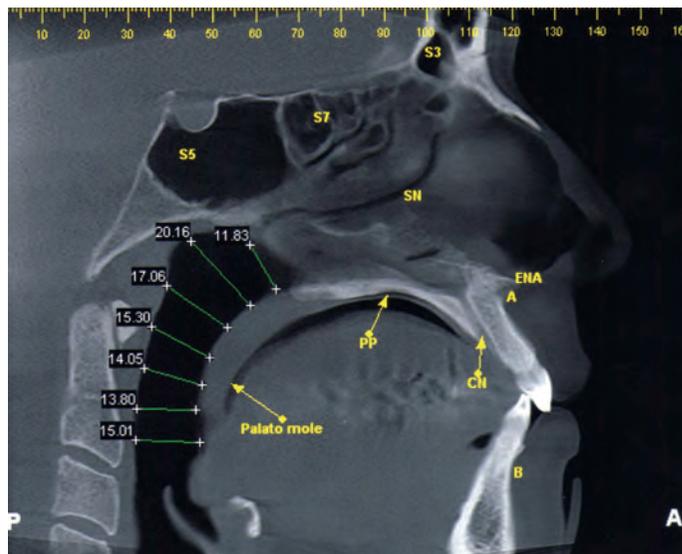
▲ **Figura 12** – Imagem obtida por TCFC (A) em que se pode localizar a posição do canino superior direito incluso em 3D e nos cortes parassagitais, em comparação à imagem observada na radiografia panorâmica (B), informação esta que alterou o planejamento do tratamento do paciente. (Imagens gentilmente cedidas pelo Dr. Leandro Velasco do Hospital da Face de São Paulo.)



▲ **Figura 13** – Paciente do sexo feminino, 49 anos de idade, com sinais e sintomas de disfunção temporomandibular – DTM. Observar a presença de imagem compatível com osteófito e aplainamento da vertente posterior da cabeça da mandíbula. (Imagem obtida por meio de TCFC e gentilmente cedida pelo laboratório Radiocenter, Curitiba, PR.)

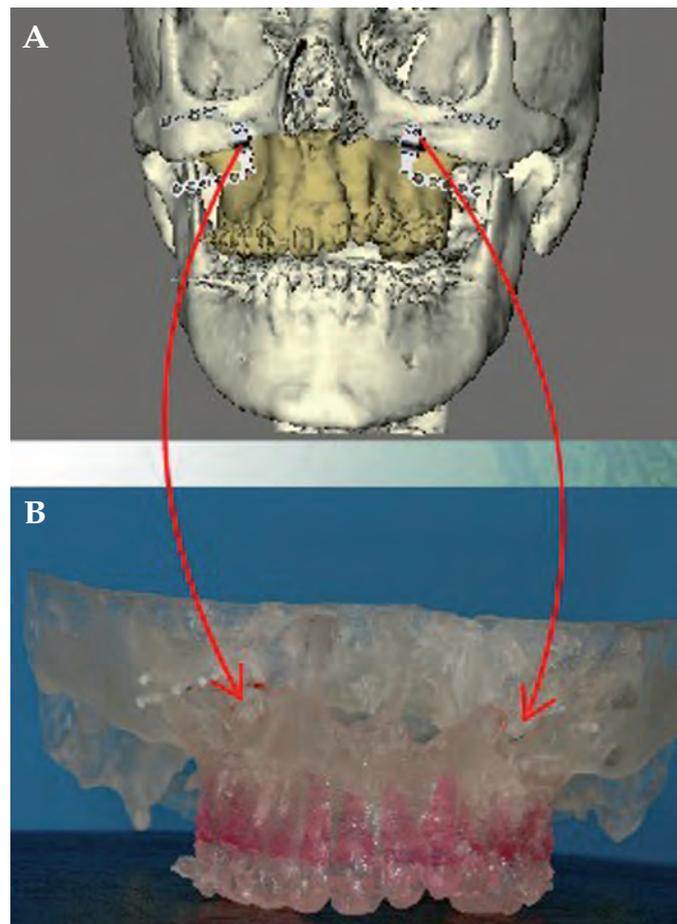
posição supina, avaliação acurada da área e volume do espaço aéreo, resolução óssea excelente e do referido espaço e reconstrução em 3D do espaço aéreo propriamente dito. Técnicas tomográficas têm proporcionado avanços no entendimento da patogênese da apnéia

obstrutiva noturna e os mecanismos biomecânicos exercidos pelas intervenções terapêuticas. O uso destas técnicas pode determinar opções de tratamento mais efetivas para esses pacientes, o que inclui dispositivos de reposicionamento mandibular (Fig. 14).



▲ **Figura 14** – Observar as medições realizadas ao longo do trajeto das vias aéreas. (Imagem obtida por meio de TCFC e gentilmente cedida pelo laboratório Radiocenter, Curitiba, PR.)

**Procedimentos cirúrgicos:** diagnóstico, planejamento pré-operatório, simulação e os resultados de procedimentos cirúrgicos de distúrbios craniofaciais (tumores, traumatologia, disgnatia, atrofia alveolar, malformações congênitas e assimétricas) podem ser visualizados utilizando-se métodos sofisticados de reconstrução em 3D, sendo que as imagens podem ser visualizadas no monitor de uma *workstation* (estação de trabalho independente), fotografadas em filmes radiográficos e/ou processadas para gerar modelos físicos (protótipos ou biomodelos) por prototipagem rápida ou sinterização. As reconstruções em 3D permitem a seleção de quais tecidos devem estar incluídos na reformatação das imagens e determinadas áreas, de forma que apenas um elemento, como a mandíbula, por exemplo, possa ser visualizado separadamente das outras estruturas anatômicas circunvizinhas e/ou transformado em protótipo. O plano de tratamento ortodôntico e cirúrgico em articulador pode ser comparado com aquele que utiliza os biomodelos, nos quais o deslocamento esperado de um segmento, o melhor delineamento para a osteotomia e os resultados da simetria esquelética e dentária almejados, possa ser analisado. Outro exemplo seria durante a distração osteogênica (Figs. 15 e 16), em que um dos aspectos mais significativos é movimentar e posicionar o segmento numa simetria em 3D, com harmonia oclusal e funcional. Desta forma, o planejamento e a execução destes procedimentos podem ser simulados e monitorados, com grande aplicabilidade nas cirurgias ortognáticas.

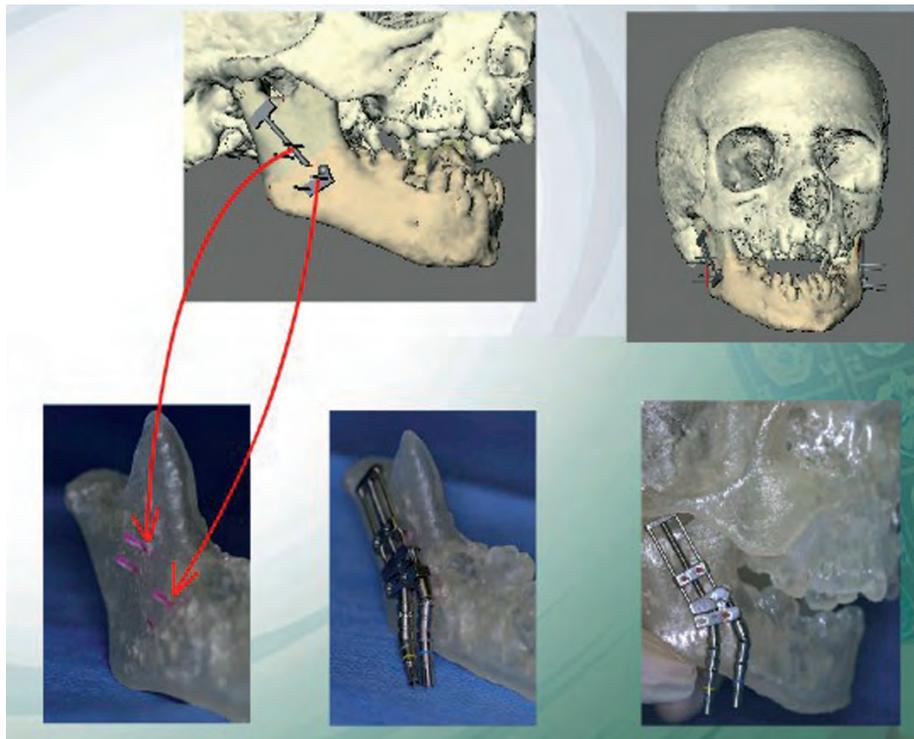


▲ **Figura 15** – Planejamento cirúrgico por prototipagem em que se pode observar em (A) a reconstrução em 3D e em (B) a localização dos orifícios no protótipo obtido que servirão para o posicionamento do dispositivo distrator, que pode ser visualizado utilizando-se o *software* Maxilim® (Medicin, Bruxelas, Bélgica).

**Miniparafusos para ancoragem:** implantes com a finalidade de ancoragem ortodôntica têm sido utilizados no tratamento ortodôntico de pacientes que necessitam de ancoragem máxima. Estes implantes são fixados em áreas que possuem osso cortical. Com a TC, é possível avaliar qual é a melhor localização para fixar estes dispositivos, pois as imagens tomográficas e em 3D permitem uma avaliação da espessura óssea vestibulolingual ou vestibulopalatina, e os sítios implantáveis, podem ser visualizados em um plano perpendicular ao plano curvado das arcadas dentárias superior e inferior.

## O paciente virtual

Como foi comentado, a tecnologia digital para as imagens em 3D, em Ortodontia, converge para a criação do que está sendo chamado de “Paciente Virtual”. A fusão de vários arquivos eletrônicos em uma única *matriz* possibilita aplicações práticas em Ortodontia e



▲ **Figura 16** – A exemplo da figura 15, planejamento cirúrgico para a distração mandibular utilizando a prototipagem e o *software* Maxilim® (Medicin, Bruxelas, Bélgica).

Cirurgia Ortognática. Para isso, é necessária a utilização de *softwares* para cada tarefa específica. Em Ortodontia e Cirurgia Ortognática, os *softwares* independentes, ou seja, aqueles que não são comercializados em conjunto com os equipamentos de aquisição de dados como tomógrafos e *scanners* de face e que estão oferecendo possibilidades reais para aplicações clínicas são o Maxilim®, o Dolphin 3D®, o SimPlant CMF® e o Vultus®.

O *software* Maxilim® ([www.medicin.be/index.html](http://www.medicin.be/index.html)) é um programa modular comercializado pela companhia belga Medicin (Bruxelas, Bélgica), fundada em 2002, e que gera uma interface baseada em imagens em 3D, para permitir o acesso à anatomia da região craniofacial com a finalidade de planejamento ortodôntico-cirúrgico. A fonte de dados originais que alimentam o programa é tipicamente de arquivos de TC *multislice* ou TCFC e arquivos de fotografias em 3D. O módulo *Creatim* suporta arquivos de TC com extensão DICOM 3 e permite o processo de geração dos dados. O *plug-in Osteotomy* permite a confecção de osteotomias virtuais por meio das ferramentas disponíveis. Desta forma, é possível reposicionar partes por meio de um dispositivo distrator ou à “mão livre”. As ferramentas possibilitam ao usuário a realização de um movimento de translação e rotação das partes anatômicas nas três dimensões do espaço. O *plug-in Map 3D Photo* permite o alinhamento e a fusão de imagens da superfície facial obtidas com fotografias em 3D, com a superfície da imagem em 3D obtida por meio da TC. O modelo gerado combina informações em 3D antropométricas e

análises cefalométricas em um protocolo simplificado. O módulo de Cirurgia Ortognática permite a realização de um planejamento pré-operatório bastante acurado, com liberdade de movimentos das partes anatômicas e ferramentas que orientam a escolha da melhor intercuspidação para cada paciente. Desta forma, o *software* permite ao clínico o estabelecimento de uma seqüência de passos, ou movimentos cirúrgicos individualizados (Fig. 17).

O Dolphin 3D® ([www.dolphinimaging.com](http://www.dolphinimaging.com)), um dos módulos da solução Dolphin® (Dolphin Imaging & Management Solutions, Chatsworth, EUA), é um exemplo de *software* que pode ter utilidade em Ortodontia. Este módulo permite importar uma variedade de arquivos 3D, com uma resolução de imagens de alta qualidade, para uma avaliação multiplanar e volumétrica detalhada, permitindo a observação de dentes impactados e reabsorções, e uma individualização das vias aérea superiores, além de criar imagens de radiografias panorâmicas e cefalométricas em proporção 1:1, sem sobreposições. Outra característica do módulo e a sua capacidade de também integrar dados de TC com fotografias em 3D.

O *software* Surgilase CMF® (Materialise, Leuven, Bélgica) da companhia Materialise apresenta características que também permitem a confecção de análises cefalométricas 3D por meio de *templates*. Cada análise lista os pontos cefalométricos que necessitam ser definidos. Os planos e as mensurações são indicados automaticamente se os pontos cefalométricos neces-



disponibiliza a confecção de modelos anatômicos de partes específicas, pela técnica da prototipagem rápida (*RP-models*) resina acrílica, o que possibilita a avaliação do planejamento do tratamento. O uso de modelos permite a pré-formatação de dispositivos distratores que serão utilizados ou a customização das placas de fixação rígida. É possível também ao cirurgião confeccionar as linhas de osteotomias ou de perfurações para os dispositivos distratores, diretamente sobre os modelos de acrílico.

Lançada em maio de 2007, a última versão do *software* 3dMDVultus® ([www.3dmd.com](http://www.3dmd.com)) foi projetada especialmente para fornecer aos profissionais da área médica e odontológica uma visualização volumétrica em tempo real (distância e volume), para a avaliação do paciente, planejamento ortodôntico-cirúrgico, e a simulação dos resultados. Suportando uma geração nova das ferramentas altamente eficazes de tratamento, que simulam os resultados nos tecidos duros e moles, o 3dMDVultus® utiliza a fusão das imagens 3D do paciente (TC espiral/TCFC/3dMD/etc.) como base anatômica. A plataforma deste *software* foi desenvolvida conjuntamente com uma rede de clínicos, especialistas e instituições de ensino ao redor do mundo.

Apresentamos um caso clínico de um paciente portador de uma condição conhecida como síndrome de Parry-Romberg, ou atrofia hemifacial progressiva, que foi tratado no Hospital da Face de São Paulo pela equipe do Dr. Leandro Velasco. Este caso ilustra muito bem a utilidade do planejamento virtual, que integra as tecnologias de tomografia computadorizada por feixe cônico, (NewTom 3G – QR, Verona, Itália), fotografia de face em 3D (Di3D® – Atlanta, EUA) e modelos em 3D (3Shape® – Copenhagen, Dinamarca).

A síndrome de Parry-Romberg é uma desordem rara caracterizada pela atrofia lenta e progressiva da pele e dos tecidos moles de uma hemiface, em geral o lado esquerdo. As mudanças faciais iniciais envolvem geralmente os tecidos acima da maxila, ou entre o nariz e a dobra nasolabial, e progridem subsequentemente ao ângulo da boca, às áreas em torno do olho, à testa, à orelha e à garganta. A deterioração pode também afetar a língua, palatos duro e mole, e o tecido periodontal. A síndrome de Parry-Romberg é acompanhada também por anormalidades neurológicas incluindo apreensões e episódios de dor facial severa (neuralgia trigeminal). A síndrome inicia-se em geral entre os 5

e 15 anos de idade, e progride por dois a dez anos, e então o processo parece incorporar uma fase estável. Os músculos faciais também podem sofrer atrofia e pode haver perda de tecido ósseo.

O paciente com 20 anos de idade apresentava atrofia facial do lado direito, com comprometimento de tecidos moles, vias áreas e com deficiência óssea na região do zigoma (Fig. 20). Após o preparo ortodôntico (Fig. 21), o planejamento cirúrgico foi dividido em três fases: (1) cirurgia ortognática; (2) rinoplastia e (3) preenchimento facial. O planejamento pré-operatório e a confecção do guia cirúrgico não foram realizados pelo protocolo tradicional com o emprego de articulador semi-ajustável e osteotomias nos modelos de gesso, mas de forma virtual no computador, por meio da integração dos arquivos de TCFC, foto em 3D e modelos em 3D. Para a avaliação inicial do esqueleto facial foi utilizada a reconstrução em 3D sobre os dados de TCFC, onde se pode observar a deficiência na região do osso zigomático e os reflexos nas outras estruturas anatômicas ao redor (Figs. 22 e 23). Para a confecção do guia cirúrgico, osteotomias virtuais foram executadas por meio do *software* Magics® (Materialise Dental, Leuven, Bélgica) (Figs. 24 e 25). O guia cirúrgico foi gerado de forma virtual e, na seqüência, de forma física por prototipagem rápida (Fig. 26), auxiliado pela equipe do CENPRA (Centro de Pesquisa Renato Archer) – Ministério de Ciência e Tecnologia, Campinas, SP. Para que a superfície oclusal fosse precisa e permitisse a sua utilização na boca do paciente, foi realizada a fusão das imagens de TCFC com o modelo 3D, uma vez que a reconstrução em 3D da TCFC, na região dos dentes, não apresentava o detalhamento necessário (Figs. 27 e 28). Para a confecção das placas para fixação rígida, foram confeccionados protótipos de resina acrílica das partes anatômicas envolvidas na cirurgia. A mandíbula foi então articulada à maxila por meio de silicone, e após a osteotomia que foi realizada nos modelos anatômicos, a companhia INP® ([www.inp.com.br](http://www.inp.com.br)) ficou responsável pela confecção das placas de fixação rígida, especialmente para este caso (Fig. 29). Observar nesta figura o tamanho do *gap* cirúrgico deixado pela osteotomia realizada na maxila. O paciente ainda deverá passar por uma rinoplastia e por uma cirurgia de preenchimento facial, mas no pós-operatório imediato já é possível observar as alterações na face do paciente (Fig. 30).



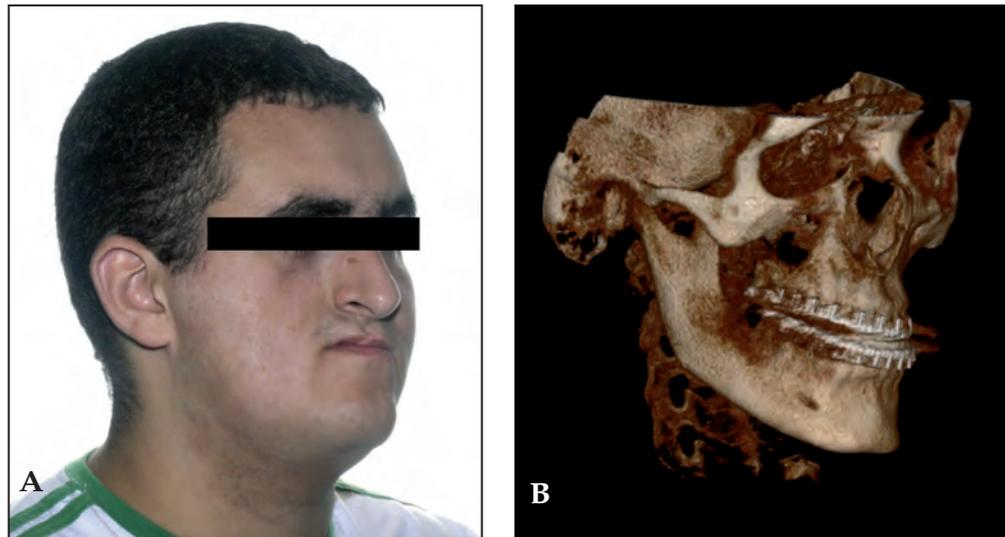
▲ **Figura 20** – Síndrome de Parry-Romberg; observar o lado afetado, neste caso o lado direito. (Caso gentilmente cedido pelo Dr. Leandro Velasco do Hospital da Face de São Paulo.)



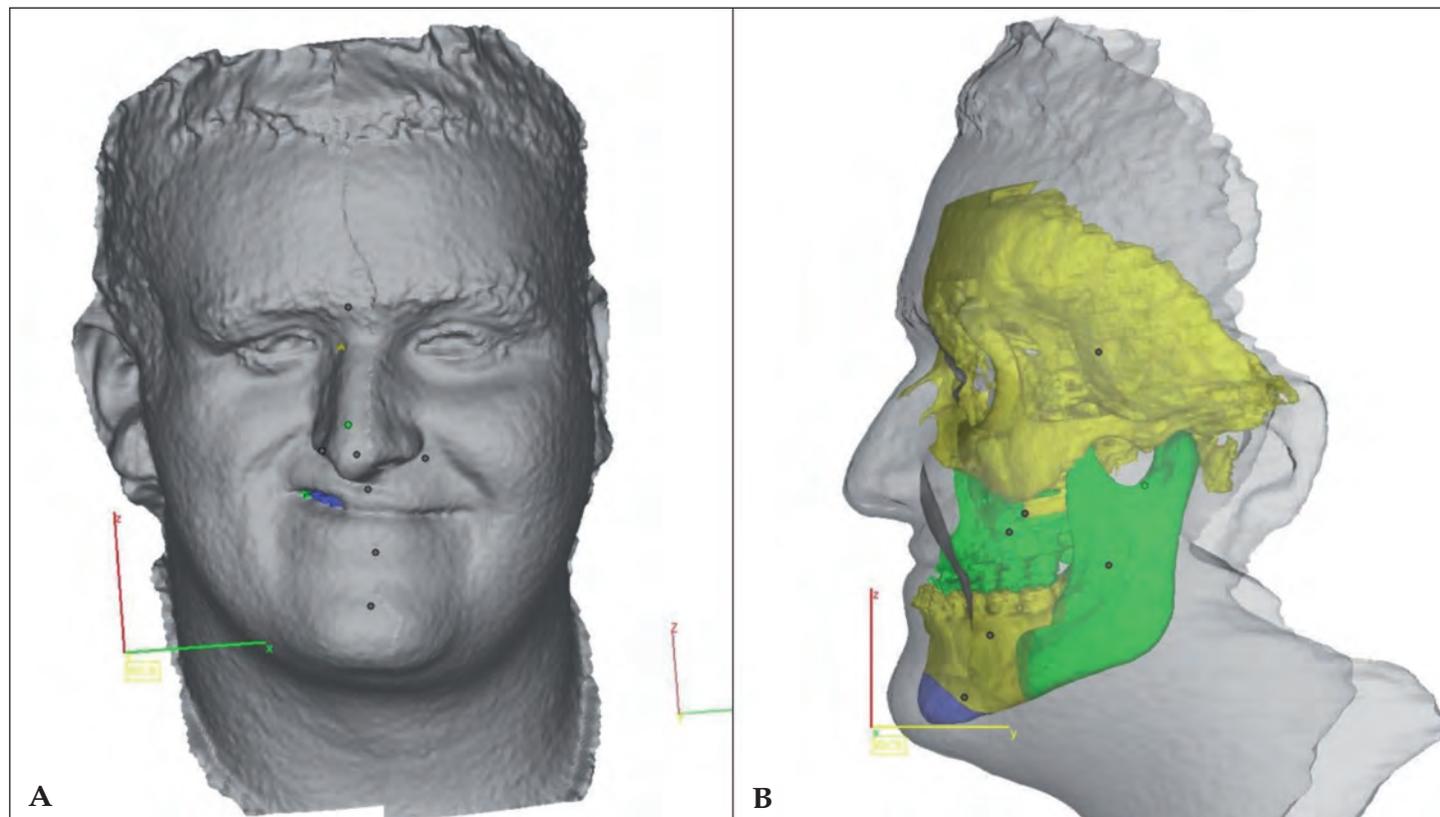
▲ **Figura 21** – Preparo ortodôntico finalizado pré-cirúrgico, realizado pelo Dr. Flávio Mauro Ferrari Jr.



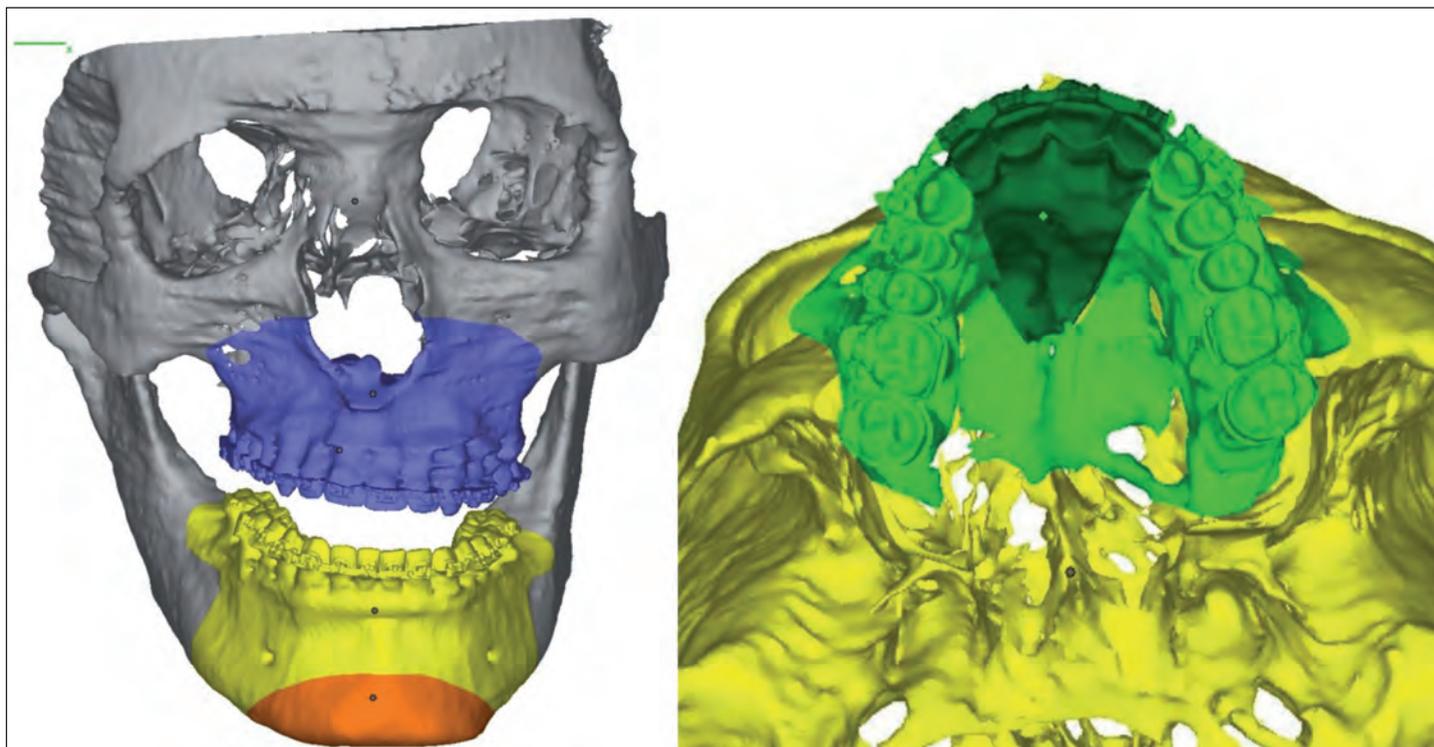
▲ **Figura 22** – Fotografia convencional em vista frontal com a reconstrução em 3D por meio de TCFC. (Este caso, das figuras 22 a 30, foi gentilmente cedido pelo Dr. Leandro Velasco do Hospital da Face de São Paulo.)



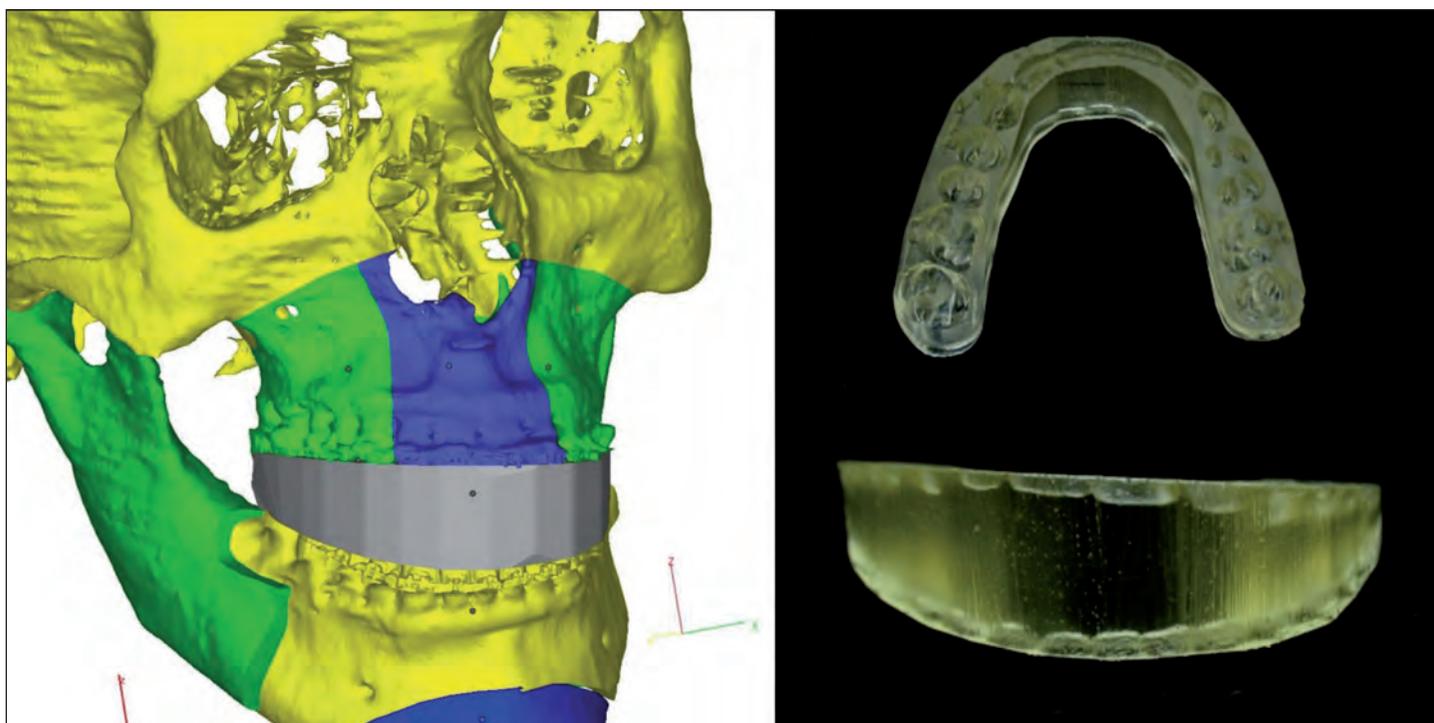
▲ **Figura 23** – Fotografia convencional em vista de 45° (A), com a reconstrução em 3D por meio de TCFC (B).



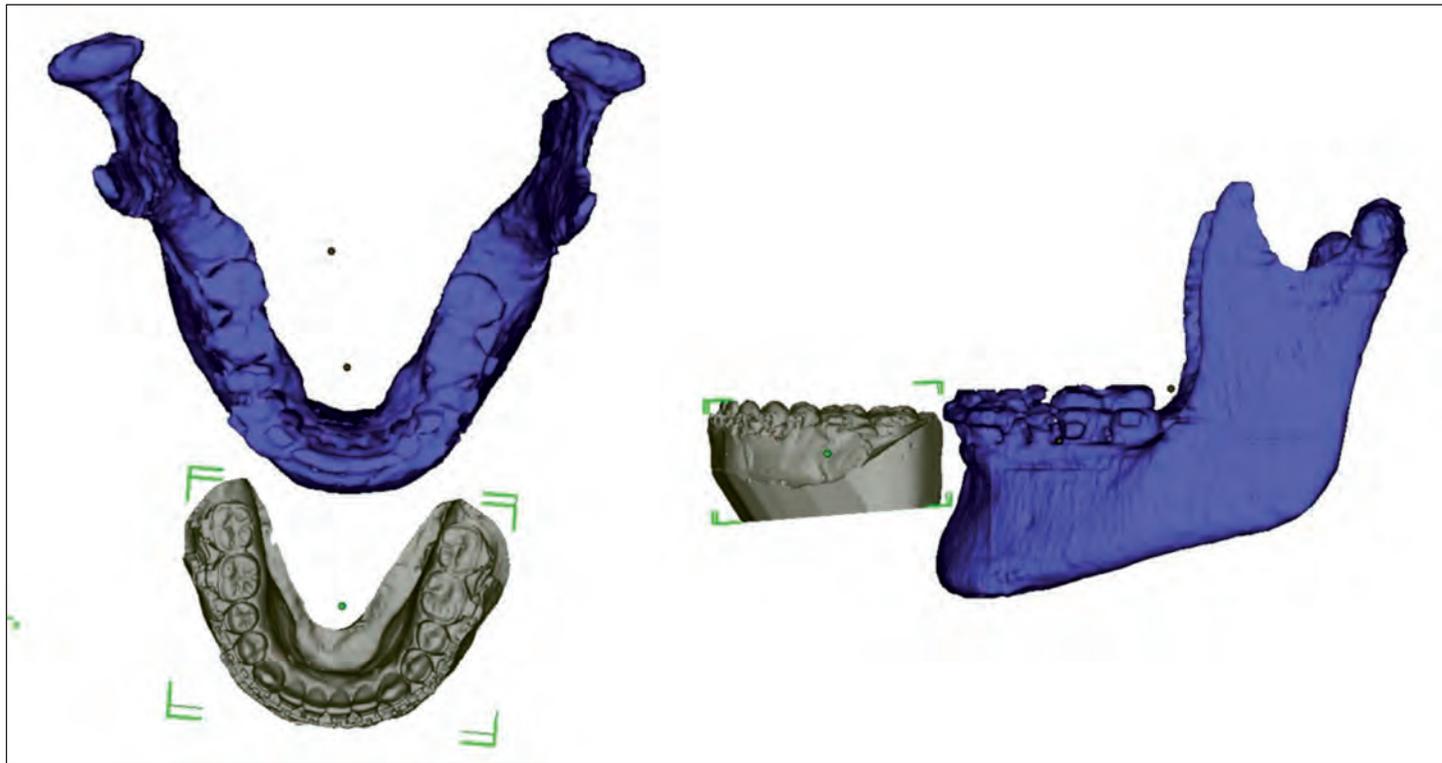
▲ **Figura 24** – Observar as imagens da superfície facial (A) e do esqueleto craniofacial (B), onde as partes anatômicas estão sendo manipuladas por meio do *software* SimPlant CMF® (Materialise Dental, Leuven, Bélgica).



▲ **Figura 25** – Osteotomia virtual das bases ósseas por meio do *software* SimPlant CMF® (Materialise Dental, Leuven, Bélgica). Observar a segmentação da maxila e da mandíbula.



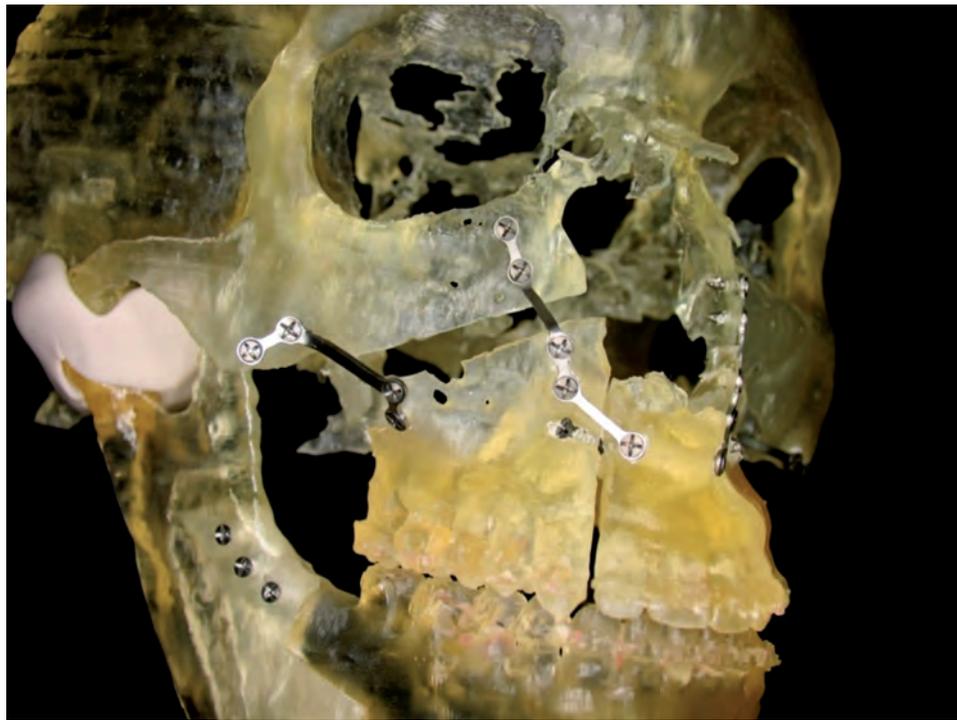
▲ **Figura 26** – Observar, à esquerda, o guia cirúrgico posicionado após o término do planejamento virtual e, à direita, o guia cirúrgico já confeccionado em resina acrílica por prototipagem rápida.



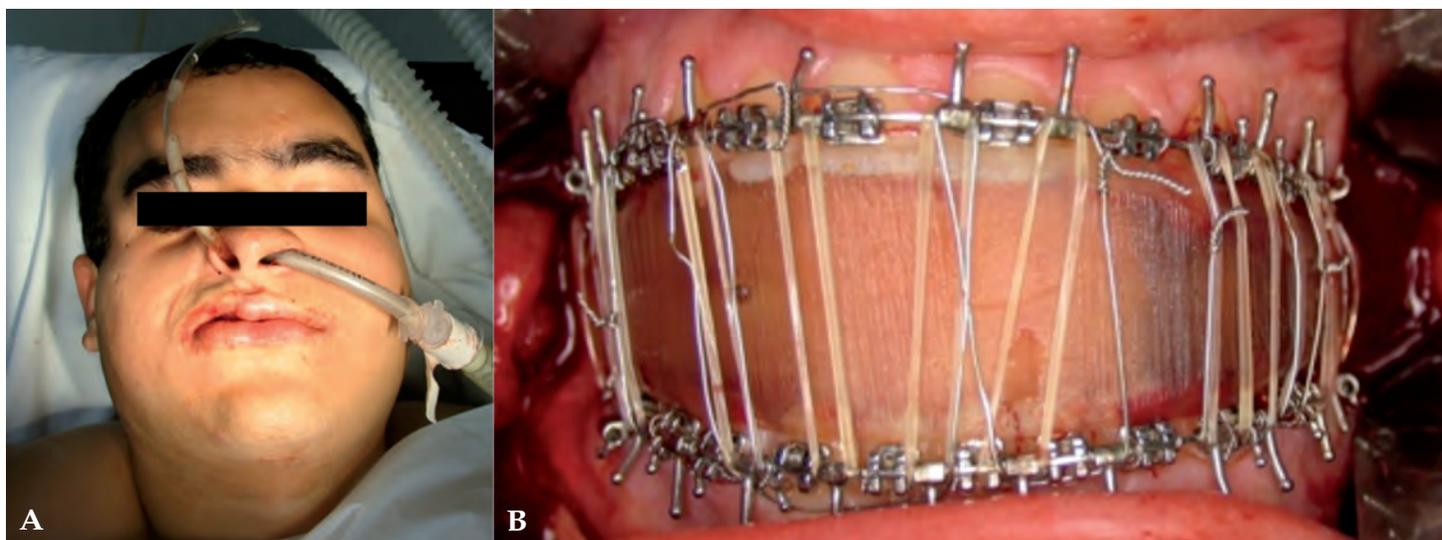
▲ **Figura 27** – Reconstrução das imagens dos arquivos de TCFC com o modelo em 3D, a fim de permitir a confecção do guia cirúrgico com precisão, uma vez que a superfície oclusal não pode ser fielmente reproduzida pela TCFC.



▲ **Figura 28** – Resultado final da reconstrução das imagens dos arquivos de TCFC com o modelo em 3D.



▲ **Figura 29** – Protótipo das bases ósseas articuladas, e com a osteotomia realizada. Observar a presença das placas de fixação rígida que foram customizadas para este paciente (INP® São Paulo, Brasil – www.inp.com.br).



▲ **Figura 30** – Resultado imediato após a cirurgia (A); observar a presença do guia cirúrgico posicionado e imobilizado na cavidade bucal do paciente (B).

## Referências

1. Accorsi MAO. Comparação de grandezas cefalométricas obtidas por meio de telerradiografias e tomografias computadorizadas *multislice* em crânios secos humanos [Dissertação de Mestrado]. São Paulo: Faculdade de Odontologia da USP; 2007.
2. Adams GL, Gansky SA, Miller AJ, Harrell WE Jr, Hatcher DC. Comparison between traditional 2-dimensional cephalometry and a 3-dimensional approach on human dry skulls. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004;126(4):397-409.
3. Araki K, Maki K, Sakamaki K, Harata Y, Sakaino R, Okano T, Seo K. Characteristics of a newly developed dentomaxillofacial X-ray cone-beam CT scanner (CB Mercuray): system configuration and physical properties. *Dentomaxillofac Radiol* 2004;33:51-9.
4. Baumrind S, Carlson S, Beers A, Curry S, Norris K, Boyd RL. Using the three-dimensional imaging to assess treatment outcomes in orthodontics: a progress report from the University of the Pacific. *Orthod Craniofac Res* 2003;6(suppl 1):132-42.
5. Baumrind S. Integrated three-dimensional craniofacial mapping: background, principles and perspectives. *Semin Orthod* 2001; 7(4):223-32.
6. Cavalcanti MGP, Haller JW, Vannier MW. Three-dimen-

- sional computed tomography landmark measurement in craniofacial surgical planning: experimental validation in vitro. *J Oral Maxillofac Surg* 1999;57:690-4.
7. Cavalcanti MGP, Rocha SS, Vannier MW. Craniofacial measurements based on 3D-CT volume rendering: implications for clinical applications. *Dentomaxillofac Radiol* 2004a;33:170-6.
  8. Cavalcanti MGP, Rocha SS, Vannier MW. Craniofacial measurements based on 3D-CT volume rendering. Implications for clinical applications. *Dentomaxillofac Radiol* 2004;33:1-9.
  9. Cavalcanti MGP, Ruprecht A, Vannier MW. Accurate Linear measurements in the anterior maxilla using orthoradially reformatted spiral computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol* 1999;28:137-40.
  10. Cavalcanti MGP, Vannier MW. Quantitative analysis of spiral computed tomography for craniofacial clinical applications. *Dentomaxillofac Radiol* 1998;27:344-50.
  11. Cavalcanti MGP. Tomografia computadorizada: Reconstrução em 2D e em 3D. In Freitas A, Radiologia Odontológica. 6ª ed. São Paulo; Artes Médicas; 2004b. Cap. 37; p. 705-52.
  12. Chidiac JJ. Comparison of CT scanograms and cephalometric radiographs in Danforth RA, Dus I, Mah J. 3-D volume imaging for dentistry: a new dimension. *J Calif Dent Assoc* 2003;31(11):817-23.
  13. Covino SW, Mitnick RJ, Shprintzen RJ, Cisneros GJ. The accuracy of measurements of three-dimensional computed tomography reconstructions. *J Oral Maxillofac Surg* 1996;54:982-90.
  14. Curry S, Baumrind S, Carlson S, Beers A, Boyd R. Integrated three-dimensional craniofacial mapping at the Craniofacial Research Instrumentation Laboratory/University of the Pacific. *Semin Orthod* 2001; 7(4):258-65.
  15. Cutting C, et al. Three-dimensional computer-assisted optimization and interaction with cephalometric and CT-based models. *Plast Recon Surg* 1985;77:877-85.
  16. Danforth RA, Dus I, Mah J. 3-D volume imaging for dentistry: a new dimension. *J Calif Dent Assoc* 2003;31(11):817-23.
  17. Dibbets JMH, Nolte K. Effect of magnification on lateral cephalometric studies. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002;122(2):196-201.
  18. Enciso R, Memon A, Mah J. Three-dimensional visualization of the craniofacial patient: volume segmentation, data integration and animation. *Orthod Craniofac Res* 2003;6(1):66-71.
  19. Farman AG, Scarfe WC. Development of imaging selection criteria and procedures should precede cephalometric assessment with cone beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;130(2):257-65.
  20. Farman AG. Fundamentals of image acquisition and processing in the digital era. *Orthod Craniofac Res* 2003; 6(1):17-22.
  21. Hajeer MY, Millett DT, Ayoub AF, Siebert JP. Applications of 3D imaging in orthodontics: Part I. *J Orthod* 2004;31(1):62-70.
  22. Halazonetis DJ. Acquisition of 3-dimensional shapes from images. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2001;119(5):556-60.
  23. Hans MG, et al. Three-dimensional imaging: the Case Western Reserve University method. *Seminars in Orthodontics* 2001;7(4):233-43,
  24. Harrell WE Jr, Hatcher DC, Bolt RL. In search of anatomic truth: 3-dimensional digital modeling and the future of orthodontics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002;122(3):325-30.
  25. Hatcher DC, Aboudara CL. Diagnosis goes digital. *Am J Orthod Dentofac Orthopedics* 2004;125(4):512-15.
  26. Hildebolt CF, Vannier MW, Knapp RH. Validation study of skull three-dimensional computerized tomography measurements. *Am J Phys Anthropol* 1990;82:283-94.
  27. Hilgers ML, Scarfe WC, Scheetz JP, Farman AG. Accuracy of linear temporomandibular joint measurements with cone beam computed tomography and digital cephalometric radiography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005;128(6):803-11.
  28. Holberg, C. et al. Cone Beam Computed Tomography in Orthodontics: Benefits and Limitations. *J Orofac Orthop* 2005;(66)9:434-4.
  29. Jung H. et al. Quantitative Analysis of Three-dimensional Rendered Imaging of the Human Skull Acquired from Multi-Detector Row Computed Tomography. *J Digit Imaging* 2002;15(4):232-9.
  30. Katsumata A, Fujishita M, Maeda M, Arijii Y, Arijii E, Langlais RP. 3D-CT evaluation of facial asymmetry. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2005;99(2): 212-20.
  31. Kim D, Kim H, Jung H, Jeong H, Hong S, Kim K. Quantitative Evaluation of Acquisition Parameters in Three-dimensional Imaging with Multi-detector Computed Tomography Using Skull Phantom. *J Digit Imaging* 2002;15(1):254-7.
  32. Kitaura H, Yonetsu K, Kitamori H, Kobayashi K, Nakamura T. Standardization of 3-D CT Measurements for Length and Angles by Matrix Transformation in the 3-D Coordinate System. *Cleft Palate Craniofac J* 2000;37(4):349-56.
  33. Kusnoto B, Evans CA, BeGole EA, Rijk W. Assessment of 3-dimensional computer-generated cephalometric measurements. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1999;116(4): 390-99.
  34. Lopes PML. Validação de medidas ósseas crânio-faciais pro meio da tomografia computadorizada multislice em 3D [Tese de Doutorado]. São Paulo: Faculdade de Odontologia da USP; 2006.
  35. Lopes PML, Perrella A, Moreira CR, Rino Neto J, Cavalcanti MGP. Aplicação de medidas cefalométricas em 3D-TC. *Rev Dental Press Ortodon Ortop Facial*. 2007; 12:99-106.
  36. Nakajima A, Sameshima GT, Arai Y, Homme Y, Shimizu, Dougherty HSr. Two-and Three-dimensional orthodontic imaging using limited cone beam-computed tomography. *Angle Orthod* 2005;75(6):895-903.
  37. Park SA. proposal for a new analysis of craniofacial mor-

- phology by 3-dimensional computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;129(5):600-34.
38. Preston CB, Lampasso JD, Tobias PV. Cephalometric evaluation and measurement of the upper airway. *Semin Orthod* 2004;10(1):3-15.
  39. Quintero JC, Trosien A, Hatcher D, Kapila S. Craniofacial imaging in orthodontics: historical perspective, current status, and future developments. *Angle Orthod* 1999;69(6):491-506.
  40. Redmond R, Huang J, Bumann A, Mah J. The Cutting Edge. *JCO* 2005;34(7):421-28.
  41. Richtsmeier JT, Paik CH, Elfert PC, Cole III TM, Dahlman HR. Precision, repeatability, and validation of the localization of cranial landmarks using computed tomography scans. *Cleft Palate Craniofac J* 1995;32:217-28.
  42. Rino Neto J, Accorsi MAO, Ribeiro A, Paiva JB, Cavalcanti MGP. Imagens Craniofaciais em Ortodontia: O Estágio Atual de Desenvolvimento da Documentação Ortodôntica Tridimensional. *Ortodontia SPO* 2006;39(2):144-54.
  43. Rocha SS, Ramos DLP, Cavalcanti MGP. 3D-CT of facial reconstruction for forensic individual identification application. *Braz Oral Research* 2003;17:24-8.
  44. Scarfe WC, Farman AG, Sukovic P. Clinical Applications of Cone-Beam Computed Tomography in Dental Practice. *J Can Dent Assoc* 2006;72(1):75-80.
  45. Swennen GRJ, et al. A new method of 3-D cephalometry Part I: The anatomic cartesian reference system. *J Craniofac Surg* 2006;17(2):314-25.
  46. Swennen GRJ, Schutyser F, Hausame NJE. Three-dimensional Cephalometry. *A Color Atlas and Manual*. 1ª ed. Berlin Heidelberg: Springer; 2005.
  47. Swennen GRJ, Schutyser F. Three-dimensional cephalometry: Spiral multi-slice VS cone beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;130(3):410-6.
  48. Togashi K, Kitaura H, Yonetsu K, Yoshida N, Nakamura T. Three-dimensional cephalometry using helical computer tomography: measurement error caused by head inclination. *Angle Orthodont* 2002;72:513-20.
  49. Troulis MJ, Everett P, Seldin EB, Kikinis R, Kaban LB. Development of a three-dimensional treatment planning system based on computed tomographic data. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2002;31:349-57.
  50. Udupa JK. Three-dimensional visualization and analysis methodologies: A current perspective. *Radiographics* 1999;19(3):783-806.
  51. Vannier MW. Craniofacial computed tomography scanning: technology, applications and future trends. *Orthod Craniofac Res* 2003a;6(1):23-30.
  52. Vannier MW. Craniofacial imaging informatics and technology development. *Orthod Craniofac Res* 2003;6b(Suppl. 1):73-81.
  53. Waitzman AA, Posnick JC, Armstrong DC, Pron GE. Craniofacial skeletal measurements based on computed tomography: part I. Accuracy and reproducibility. *Cleft Palate Craniofac J* 1992a;29:112-7.
  54. Waitzman AA, Posnick JC, Armstrong DC, Pron GE. Craniofacial skeletal measurements based on computed tomography: part II. Normal values and growth trends. *Cleft Palate Craniofac J* 1992b;29:118-28.

## Agradecimentos

Os dados originais foram obtidos na seguinte instituição e o pós-processamento das imagens realizado no LABI-3D da FOUASP:

- Departamento de Imagem do Hospital do Câncer de São Paulo (Figs. 1A-E).