

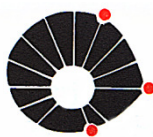


Carlos Henrique Silveira Villela

Proposta e Aplicação de Um Novo Protocolo 3D no Diagnóstico da Assimetria Facial Utilizando-se da Tomografia Computadorizada

10/2013

**CAMPINAS
2013**



UNICAMP

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

Carlos Henrique Silveira Villela

**Proposta e Aplicação de Um Novo Protocolo 3D no
Diagnóstico da Assimetria Facial Utilizando-se da
Tomografia Computadorizada**

Orientadora: Profa. Dra. Cecília Amelia de Carvalho Zavaglia

Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica, na Área de Materiais e Processos de Fabricação.

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO
FINAL DA DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELO(A)
ALUNO(A) Carlos Henrique Silveira Villela, E
ORIENTADA PELO(A) PROF(A). DR(A) Cecília
Amelia de Carvalho Zavaglia.

ASSINATURA DO(A) ORIENTADOR(A)

**CAMPINAS
2012**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

Villela, Carlos Henrique Silveira

V715p Proposta e aplicação de um novo protocolo 3D no diagnóstico da assimetria facial utilizando-se da tomografia computadorizada / Carlos Henrique Silveira Villela. --Campinas, SP: [s.n.], 2011.

Orientador: Cecília Amélia de Carvalho Zavaglia.

Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

1. Tomografia Computadorizada. 2. Cefalometria. 3. Craniometria. 4. Imagem tridimensional na medicina. 5. Cefalometria - Radiografia. I. Zavaglia, Cecília Amélia de Carvalho. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica. III. Título.

Título em Inglês: Proposal and application of a new 3D protocol for diagnosis of facial asymmetry using computerized tomography

Palavras-chave em Inglês: Computerized Tomography, Cephalometry, Craniometry, Three-dimensional image in medicine, Cephalometric - Radiograph

Área de concentração: Engenharia de Materiais e Processos de Fabricação

Titulação: Mestre em Engenharia Mecânica

Banca examinadora: Pedro Yoshito Noritomi , Luis Augusto Passeri

Data da defesa: 18-11-2011

Programa de Pós Graduação: Engenharia Mecânica

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
DEPARTAMENTO DE MATERIAIS E PROCESSOS DE
FABRICAÇÃO

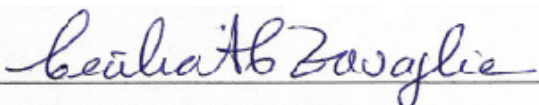
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ACADEMICO

Proposta e Aplicação de Um Novo Protocolo 3D no
Diagnóstico da Assimetria Facial Utilizando-se da
Tomografia Computadorizada

Autor: Carlos Henrique Silveira Villela

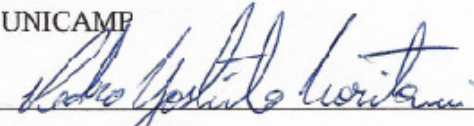
Orientadora: Profa. Dra. Cecilia Amelia de Carvalho Zavaglia

A Banca Examinadora composta pelos membros abaixo aprovou esta Dissertação:



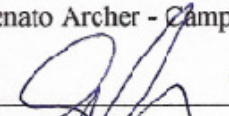
Prof. Dra. Cecilia Amélia Carvalho Zavaglia

FEM - UNICAMP



Dr. Pedro Yoshito Noritomi

CTI Renato Archer - Campinas – Departamento de Tecnologias Tridimensionais - DT3D.



Prof. Dr. Luis Augusto Passeri

FCM - UNICAMP

Campinas, 18 de novembro de 2011.

DEDICATÓRIA

“Dedico este trabalho aos meus amores: Gisele, Lucas e Enzo.

Obrigado pela paciência e carinho que tiveram sempre a

oferecer , mesmo em meus momentos ausentes.

Também a meus pais, que sempre foram o meu norte”

Agradecimentos

Agradeço a Deus e a meus pais pela minha vida e, também. Por sempre ensinarem-me a reconhecer pessoas especiais. Entre estas pessoas encontrei várias no percurso deste estudo, e são elas: Dr. Jorge Vicente Lopes da Silva, Profa. Dra. Cecília Amélia de Carvalho Zavaglia, Pedro Yoshito Noritomi, Dr. Izaque Alves Maia. Dra. Maria de Fátima Gouveia, Airton Moreira da Silva, Gustavo Henrique de Lima Paschoal, Paulo Henrique Amorim e Daniel Takanori Kemmoku.

Agradeço ao CTI Renato Archer (CTI Renato Archer – Campinas – São Paulo – Brasil) especialmente ao Laboratório da Divisão de Tecnologia Tridimensionais na pessoa do Dr. Jorge Vicente Lopes da Silva, pelo apoio necessário à realização deste estudo. Todos os softwares utilizados, bem como todas as pessoas que foram gentilmente cedidos pelo CTI.

Agradeço ao Dr. Pedro Yoshito Noritomi, gerente de projetos do Laboratório de Tecnologias Tridimensionais do CTI, pelo conhecimento adquirido sobre *softwares* de engenharia, bem como de todos os conceitos matemáticos necessários à criação de protocolo 3D.

Um especial agradecimento à orientadora Profa. Dra. Cecília Amélia de Carvalho Zavaglia pela paciência, educação, respeito, amizade e por acreditar no potencial deste trabalho.

Ao Dr. Izaque Alves Maia agradeço pelas conversas engrandecedoras.

À Dra. Maria de Fátima Gouveia agradeço pela amizade e pelos primeiros conceitos sobre biomodelagem.

Aos Srs. Airton Moreira da Silva, Paulo Henrique Amorim e ao Engenheiro Gustavo Henrique de Lima Paschoal agradeço pelo conhecimento adquirido sobre biomodelagem fazendo uso do *In Vesalius*.

Ao Engenheiro Mecânico Daniel Takanori Kemmoku agradeço pelo apoio, amizade, paciência e pela grande capacidade de desenvolvimento da metodologia utilizada no software Rhinoceros.

Agradeço a todos os funcionários do Laboratório de Tecnologia Tridimensionais que fazem ou já fizeram parte desta jornada, e são muito.

*" Todo o nosso conhecimento tem sua
Origem em nossas percepções"
Leonardo Da Vinci*

Resumo

O diagnóstico das assimetrias faciais tem sido realizado por meio de exames físicos e complementares. As tomadas radiográficas convencionais ainda são os recursos mais difundidos como exames complementares para o diagnóstico das assimetrias faciais. Hoje, novas técnicas de obtenção de imagem podem fornecer visualizações tridimensionais do complexo craniofacial. Estas, por sua vez, podem eliminar magnificações e demagnificações quando da obtenção de mensurações. A imagem tridimensional, utilizando-se de soluções computacionais, pode ser movimentada em diversas direções. Este recurso favorece a cranioscopia, técnica pela qual grandes e médias assimetrias são reconhecidas em qualquer região do complexo craniofacial. A quantificação de assimetrias menores pode ser reconhecida por mensurações realizadas no biomodelo 3D virtual, ou seja, pela craniometria. Alguns protocolos 3D já foram propostos com a finalidade de qualificar e/ou quantificar a assimetria facial. Este trabalho propõe um novo protocolo 3D que faz uso das novas técnicas de aquisição e tratamento de imagens. Utiliza-se então da tomografia computadorizada e tendo como meta qualificar e quantificar a assimetria facial. Para isso, utiliza-se da marcação de pontos anatômicos verdadeiros, criando condições para que mensurações lineares e angulares sejam realizadas. Assim, assimetrias faciais poderão ser observadas, bem como as respostas individuais aos tratamentos propostos.

Palavras Chave: tomografia computadorizada, cefalometria, craniometria, imagem tridimensional na medicina, cefalometria-radiografia.

Abstract

The diagnosis of facial asymmetry has been done using clinical and complementary examinations. The conventional radiographic images have still been the most spread resources as complementary examinations for facial asymmetry diagnosis. Nowadays, new image acquisition techniques can give three dimensional visualizations of the craniofacial complex. This way, it is possible to eliminate magnifications and demagnifications in measurements obtained using conventional radiographic techniques. The three dimensional image, using computational solutions, can be moved in different directions. This capability is favorable to craniometry, which is a technique used to recognize big and medium asymmetries in any part of the craniofacial complex. The qualification and quantification of small asymmetries can be done using measurements made in 3D virtual biomodel. Few 3D protocols have been proposed with the aim of qualify and quantify facial asymmetry. This work proposes a new 3D protocol which uses new image acquisition and treatment techniques based on computerized tomography, aimed to qualify and quantify facial asymmetry. To do that, it is used true anatomical landmarks marking process, which gives conditions to make linear, angular, area and volume measurements with positive recognitions and precision. Therefore, small facial asymmetries will be possible to be observer, as well as the individual responses to treatments, been them surgical, orthopedical or orthodontical.

Key Words: computerized tomography, cephalometry, craniometry, three-dimensional image in medicine, cephalometric - radiograph

Lista de Ilustrações

3.1a	Normas lateral e facial de inspeção cranioscópia	06
3.2	Tomografia computadorizada de um indivíduo portador de fenda labial e palatina	10
3.3.2	Ortopantomografia ou Radiologia panorâmica	11
3.3.3	Telerradiografia lateral	13
3.3.4	Telerradiografia Frontal	14
3.3.5	Radiografia Axial	15
3.3.6	Imagem de traçado cefalométrico	18
3.4.2	Constituição de um tomógrafo	20
3.4.4	Imagem de um corte axial	22
3.4.8.b	Tomógrafo i-C AT	29
3.4.8.c	Tomógrafo Newtom	29
3.5.a	Tela do Software <i>In Vesalitus</i>	30
3.5.b	Arquivo STL	31
3.5.c	Imagens geradas para avaliação cirúrgica obtidas pelo software <i>In Vesalitus</i>	32
3.6	Imagem gerada pelo <i>Rhinoceros</i>	34
3.7	Protocolo 3D	37
4.2.a	Imagem Frontal (MIP) gerada pelo software <i>In Vesalitus</i>	39
4.2.b	Imagem Frontal (MIP) gerada pelo software <i>In Vesalitus</i>	40
5.1	Plano sagital mediano	42
5.2	Plano sagital mediano e plano axial	42
5.4	Primeira tomada tomográfica	48
5.5	Segunda tomada tomográfica	48
5.6	Superposição dos planos de referência	49
5.7	Modificações observadas entre duas tomadas tomográficas	49
5.8	Superposição de imagens dos biomodelos com planos craniométricos	51
6.1	Visualização de semirretas que representam o plano oclusal	53
6.2	Visualização de semirretas que representam o plano oclusal	54
6.3	Ângulo do incisivo com o PM e ângulo interdental (segunda TC)	55

Lista de Abreviaturas e Siglas

A - Ponto A

AF - Assimetria Facial

Ag_(d) - Antegônio direito

Ag_(e) - Antegônio esquerdo

Ba - Básio

B - Ponto B

Cd_(d) - Condilium Direito

Cd_(e) - Condilium Esquerdo

C16 - ponto médio vestibular na cervical do dente 16

C26 - ponto médio vestibular na cervical do dente 26

C36 - ponto médio vestibular na cervical do dente 36

C46 - ponto médio vestibular na cervical do dente 46

C53 - ponto médio vestibular na cervical do dente 53

C54 - ponto médio vestibular na cervical do dente 54

C55 - ponto médio vestibular na cervical do dente 55

C63 - ponto médio vestibular na cervical do dente 63

C64 - ponto médio vestibular na cervical do dente 64

C65 - ponto médio vestibular na cervical do dente 65

C73 - ponto médio vestibular na cervical do dente 73

C74 - ponto médio vestibular na cervical do dente 74

C75 - ponto médio vestibular na cervical do dente 75

C83 - ponto médio vestibular na cervical do dente 83

C84 - ponto médio vestibular na cervical do dente 84

C85 - ponto médio vestibular na cervical do dente 85

CTCB - Tomografia Computadorizada Cone Beam

DICOM - *Digital Imaging Communications in Medicine*

ENA - Espinha Nasal Anterior
FOV - *Field of View*
Go_(d) - Gonion direito
Go_(e) - Gonion esquerdo
Gn – Gnátio
IIC - Ponto Médio Cervical (ósseo) inter incisivos inferiores
ISc - Ponto Médio Cervical (ósseo) inter incisivos superiores
kV - Kilovoltagem
mA - Miliamperagem
Me - Mentoniano
MIP - *Maximum Intensity Projection*
mm - Milímetro
Na - Násio
Op - Opstio
Or - Orbital
Or_(d) - Orbital Direito
Or_(e) - Orbital Esquerdo
PA - Plano Axial
PC - Plano Coronal
PF - Plano de Frankfurt
Po_(d) - Pório direito
Po_(e) - Pório Esquerdo
PSM - Plano Sagital Mediano
RA - Radiografia Axial
RC – Técnicas Radiográficas Convencionais
RX – Raio X
So – Sela ósseo
STL - *Stereolitography*
TC - Tomografia Computadorizada
TCs - Tomografias Computadorizadas
TCFC - Tomografia Computadorizada por Feixe Cônico

TF - Telerradiografia Frontal

TL - Telerradiografia Lateral

3D – Tridimensional

2D – Bidimensional

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO PRINCIPAL	3
2.1 Objetivo Secundário	3
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	4
3.1 Morfologia do Complexo Craniofacial	4
3.2 Assimetria Facial	7
3.3 Exames Radiográficos Convencionais	10
3.3.1 História	10
3.3.2 Ortopantomografia	11
3.3.3 Telerradiografia Lateral	12
3.3.4 Telerradiografia Frontal	14
3.3.5 Radiografia Axial	15
3.3.6 Cefalometria	16
3.4 Tomografia Computadorizadas	18
3.4.1 História da TC	19
3.4.2 Constituição dos Tomógrafos	20
3.4.3 Tipos de Tomógrafos	21
3.4.4 Princípios Básicos da Formação da Imagem por TC	21
3.4.5 Escala de Hounsfield	23
3.4.6 Aplicação da Tomografia	24
3.4.7 Tomografia Computadorizada em Odontologia	24
3.4.8 Tomografia Computadorizada por Feixe Cônico (TCFC)	25
3.5 O Software In Vesalius	29
3.6 O Software Rhinoceros	33

3.7 Protocolos Tridimensionais	34
4. MATERIAIS E MÉTODOS	38
4.1 Amostras	38
4.2 Manipulação de Imagens	38
5. PROTOCOLO 3D PROPOSTO	41
6. RESULTADO	52
7. DISCUSÃO	57
8. CONCLUSÕES E SUGESTÕES	65

1 INTRODUÇÃO

A assimetria é frequentemente notada na região craniofacial humana. Suas causas são diversas, podendo ter como origem fatores genéticos, congênitos ou adquiridos. Dentre algumas de suas causas inclui-se a maloclusão e a pressão intra-uterina .

O diagnóstico da assimetria facial (AF) tem sido realizado por meio de exames físicos, em conjunto com algumas ferramentas complementares de diagnóstico, como as fotografias, as radiografias (UECHI ET AL, 2006; TERAJIMA ET AL, 2008) e os modelos de estudo (UECHI ET AL, 2006). As técnicas radiográficas convencionais (RC) foram por décadas, e ainda são, os recursos mais utilizados entre os exames complementares requeridos para o diagnóstico das assimetrias faciais (HEIMIISDOTTIR ET AL, 2005). Assim, o complexo craniofacial vêm sendo analisado por meio de exames bidimensionais (2D), quando esta avaliação deveria ser tridimensional (3D, como são as estruturas do corpo. Tal fato ocasiona, por vezes, avaliações limitadas, do início ao término de um tratamento (HILGERS ET AL, 2005; HONEY ET AL, 2007).

As RC apresentam distorções e sobreposições na formação da imagem, e dependem do correto posicionamento da cabeça do indivíduo (LAGRAVERE ET AL, 2008) para que a distorção da imagem radiográfica não seja maior, e isso nem sempre é possível. Mudanças no posicionamento da fonte geradora de RX também acrescentam alterações dimensionais na imagem projetada.

Traçados cefalométricos, ou cefalogramas, são realizados nas imagens obtidas pelas telerradiografia lateral (TL) e telerradiografia frontal (TF). A distinção entre o lado direito e o esquerdo na imagem obtida pela TL torna-se difícil devido à sobreposição de estruturas anatômicas, e também pela diferente intensidade de ampliação das imagens. Na TF as estruturas medianas são sobrepostas. Todos esses fatos evidenciam que a utilização desse tipo de exame pode gerar dificuldade de interpretação, fazendo com que algumas assimetrias não sejam detectadas. Casos clínicos podem estar sendo tratados inadequadamente ou, por vezes, não estarem recebendo tratamento.

Vários traçados (protocolos) cefalométricos foram propostos para as mais diversas RC. Utilizam-se da marcação de pontos anatômicos, para que mensurações lineares e angulares possam ser obtidas. Linhas são traçadas entre dois pontos anatômicos com o intuito de representar planos geométricos que, por sua vez, deveriam ser representados pela união de três pontos anatômicos para que fossem melhor representados. Park et al (2006) afirmaram que muitos estudos utilizavam-se da RC para dar uma noção tridimensional da localização dos pontos anatômicos e por consequência facilitar o diagnóstico. Segundo este autor as técnicas de RC como a telerradiografia lateral (TL), a telerradiografia frontal (TF) e a radiografia axial (RA) quando utilizadas em conjunto podem favorecer este entendimento. Apesar de acrescentarem dados ao diagnóstico, este recurso ainda é limitado, quando comparado com as novas técnicas de captura e tratamento de imagem por RX, como na Tomografia computadorizada (TC). Esta última técnica apresenta várias qualidades e entre elas encontra-se a capacidade de produzir imagens com insignificantes alterações dimensionais quando comparadas ao padrão ouro (crânio verdadeiro). Além disso, permite por meio de recursos computacionais, a geração de imagens tridimensionais que podem ser manipuladas e mensuradas. Quando se trabalha com estes recursos, não apenas medidas lineares e angulares podem ser obtidas, pois estas mensurações representam apenas o universo bidimensional proporcionado pelos exames radiográficos.

A TC pode representar o universo tridimensional do complexo craniofacial. As medidas lineares e angulares estão contidas no universo tridimensional, mas não o representam em sua totalidade. Para que, realmente, esta nova forma de diagnóstico seja ainda melhor explorada, novos meios de mensurações e novas técnicas de aplicação deverão ser aprimoradas. Estes desenvolvimentos poderão contribuir para uma melhor compreensão de um diagnóstico.

2 OBJETIVO PRINCIPAL

Este trabalho tem como objetivo principal propor e testar um protocolo tridimensional craniométrico não validado, que faz uso das novas técnicas de aquisição e tratamento de imagens médicas. Medidas lineares e angulares são aplicadas com o objetivo de quantificar a assimetria facial.

2.1 Objetivo Secundário

Propor um método de sobreposição das imagens tridimensionais (3D) com o objetivo qualificar a assimetria facial, bem como quaisquer alterações sofridas pelo complexo craniofacial, seja esta causada pelo crescimento ou não.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. Morfologia do Complexo Craniofacial

O diagnóstico da AF é a meta deste estudo. Para que esta seja alcançada o conhecimento da morfologia craniofacial é de suma importância. A face (tudo que está abaixo da base do crânio) sofre a influência do seu próprio crescimento e também da base craniana e este é um processo biológico de difícil entendimento.

Durante milhões de anos a estrutura da morfologia do complexo craniofacial sofreu modificações, até chegar a uma forma racional e ideal para o desempenho de suas funções. A arquitetura do complexo craniofacial, ou do crânio, está concebida de forma a suprir as mais diversas demandas funcionais desta região do corpo humano. O crânio de modo genérico pode ser entendido como toda a parte óssea e dentária da cabeça, ou seja, tanto a parte óssea fixa da cabeça como também a parte móvel que é a mandíbula. Duas articulações sinoviais articulam a mandíbula ao crânio e estas recebem o nome de articulação temporomandibular, direita e esquerda (ENLOW ET AL, 1993).

Pode-se, sob o ponto de vista filogenético, dividir o crânio dos mamíferos em duas partes: o neurocrânio e o esplanocrânio. Esta divisão é feita por uma linha imaginária que une dois pontos anatômicos: o Básio (Ba) e o Násio (Na).

O neurocrânio é a parte que protege o encéfalo e forma o envoltório para os órgãos da visão, olfato e audição. Já o esplanocrânio é a face propriamente dita e também envolve uma parte do aparelho respiratório e digestivo. No homem esta divisão funcional anatômica não existe, porque o neurocrânio e o esplanocrânio são uma unidade funcional única.

Diversos são os ossos que formam o crânio, e dentre eles pode-se citar: occipital, frontal, etmóide, temporais, parietais, maxilares, palatino, zigomáticos, nasais, cornetos nasais inferiores, vômer, esfenóide e mandíbula. Este último osso é o único articulado e móvel. Dentre todos esses ossos um é de grande importância para o protocolo craniométrico proposto neste estudo. É o osso esfenóide. Este vem sendo usado como referência em vários estudos sobre a morfologia craniana

vista por meio das imagens radiográficas. São estas as chamadas “Análises Cefalométricas”.

Guerrero et al (1999) estudaram 600 imagens de ressonância magnética, encontrando e classificando os graus de pneumatização desse osso. Assimetrias não foram relatadas neste estudo que tinha como objetivo classificar as diferentes pneumatizações apresentadas por este osso.

Segundo Kim et al (2003), o osso esfenóide é uma boa referência para medir assimetrias faciais, devido ao fato de apresentar insignificantes assimetrias. Apesar disso, o autor concorda que grandes assimetrias faciais podem expressar-se na base do crânio, afetando sua morfologia, e em consequência sua simetria. Outro argumento que reforça o uso do esfenóide, é que o mesmo está localizado no limite entre a face e o neurocrânio. Possui um desenvolvimento regular e tem sua forma definida ainda em estágios precoces de vida. Vidic et al (1968) relataram que o crescimento do corpo do osso esfenóide ocorre sempre respeitando o espaço hipofisário, mostrando assim um crescimento simétrico.

O estudo do crânio *in vitro* é baseado em inspeções visuais e em mensurações. A inspeção visual deve ser realizada seguindo um protocolo, e a esta técnica de inspeção dá-se o nome de cranioscopia. As mensurações também seguem um protocolo específico, e a esta técnica dá-se o nome de craniometria. Usando-se dos recursos da cranioscopia observam-se alterações anatômicas, criando-se dados subjetivos sobre as mesmas. Para a aplicação desta técnica torna-se necessário a marcação de pontos anatômicos no crânio. Cria-se, através da marcação de pontos anatômicos sagitais, o plano sagital mediano (PSM) que favorecerá a observação do lado direito e do lado esquerdo do crânio. Também se pode usar o Plano de Frankfurt (PF) para dividir o crânio em parte superior e inferior nestas inspeções. Este plano (PEREIRA ET AL, 2010) é aceito no âmbito mundial, e ainda tem a vantagem de ser reconhecido em telerradiografias com relativa facilidade.

O Plano Coronal (PC) pode ser gerado utilizando-se do ponto craniométrico Basio, fazendo com que este seja ortogonal aos planos anteriormente citados.

O exame cranioscópico (PEREIRA ET AL, 1979) poderá agora ser realizado por meio da visualização do crânio em normas, tais como: 1) superior ou vertical; 2) inferior ou basilar; 3) posterior ou occipital; 4) anterior ou facial; 5) lateral direita e lateral esquerda.

Na odontologia deve-se dar grande atenção às normas facial e lateral (figura 3.1.a.), tanto do lado direito como do lado esquerdo do crânio.

Na norma facial observa-se:

- A forma das órbitas além de sua inclinação axial e transversal.
- O afundamento da raiz do nariz.
- A forma da fossa nasal que se apresenta variada.
- O desenvolvimento da maxila.
- A presença da fossa canina (situada abaixo das saliências formadas pelas raízes dos pré-molares).
- A presença da bossa canina (saliência formada pela raiz do canino).

Nas normas laterais observa-se principalmente:

- A relação da maxila com a mandíbula e seu contorno sagital
- A relação de oclusão dos primeiros molares
- A relação de oclusão dos incisivos bem como suas inclinações

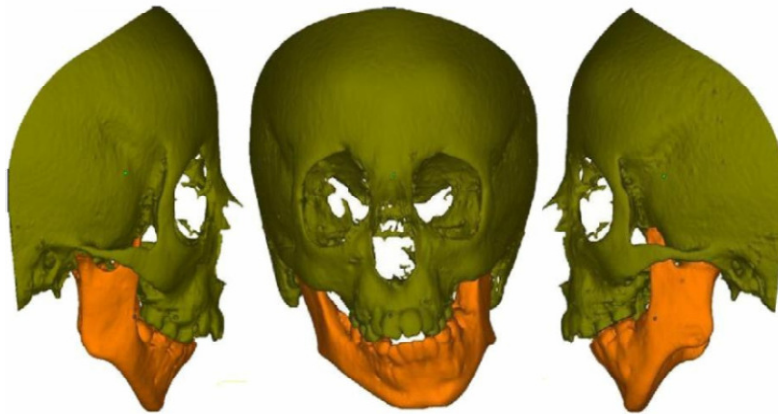


Figura 3.1.a. Normas lateral e facial de inspeção cranioscópica.

Fonte: Imagens de arquivo pessoal do autor.

A craniometria proporciona através de seu arsenal de mensurações, a possibilidade de se complementar ou até mesmo corrigir os dados obtidos pela cranioscopia. Protocolos específicos são utilizados para esta finalidade, sempre focando a “região alvo” que se deseja observar (PEREIRA ET AL, 1979).

Um dos maiores desafios dentro do estudo da morfologia craniofacial relaciona-se ao crescimento desta região. Sabe-se que o complexo craniofacial é fruto de milhões de anos de mudanças evolutivas, pelos quais foram preservadas estruturas fundamentais para a realização das funções mastigatória, olfativa, gustativa, auditiva e visual. Com o intuito de esclarecer a forma em que se dá este fenômeno biológico várias hipóteses foram postuladas. A diversidade de hipóteses advém do fato de que nenhuma delas de modo isolado conseguiu esclarecer tarefa tão árdua.

3.2 Assimetria Facial

A assimetria facial (AF) tem sido o foco de estudo de muitos pesquisadores (KIM ET AL, 2003; ROSSI ET AL, 2003; SANTOS ET AL, 2003; CARLINI ET AL, 2005; CEVIDANES ET AL, 2005; KATSUMATA ET AL, 2005; PALOMO ET AL, 2005; AZEVEDO ET AL, 2006; DECKER ET AL, 2006; KWON ET AL, 2006; UECHI ET AL, 2006; LEE ET AL, 2007; MASUOKA ET AL, 2007; CATTANEO ET AL, 2008; ESLANDE ET AL, 2008; SURI ET AL, 2008). O crânio pode ser assimétrico e este fato não está nas diferenças presentes nos tipos existentes. Existe assimetria mesmo dentro de crânios que estão classificados em um mesmo grupo (DECKER ET AL, 2006). A assimetria facial pode produzir efeitos secundários tanto na dentição como na oclusão dentária.

A palavra simetria pode ser definida como a correspondência de forma, de posição e de medidas em relação a um eixo entre os elementos de um conjunto. Pode ser entendida como harmonia. Deste modo, a palavra assimetria é um vocábulo que pode ser utilizado para definir esta falta de harmonia entre os elementos de um conjunto quando dividido por um eixo.

A assimetria facial pode ser observada frequentemente no esqueleto craniofacial e pode

estar presente tanto na face (AZEVEDO ET AL, 2006; DECKER ET AL, 2006; HWANG ET AL, 2007; SEZGIN ET AL, 2007) quanto no crânio (KATSUMATA ET AL, 2005). Muitos são os fatores que podem influenciar no estabelecimento desse quadro. Pode-se citar como exemplo destes fatores causais as alterações genéticas, congênitas (KIM ET AL, 2003) e adquiridas durante o desenvolvimento craniofacial ou até mesmo após seu término de desenvolvimento (MINNS ET AL, 2003; CARLINI ET AL, 2005; ELSLANDE ET AL, 2008).

A microssomia hemifacial é uma das patologias que causam grande assimetria facial e o fator etiológico seria genético. Instala-se em períodos embrionários precoces, atingindo estruturas formadas pelo 1º e 2º arcos branquiais, comprometendo a mandíbula, a base do crânio e a maxila (SURI ET AL, 2008).

Patologias que envolvem a ATM podem provocar assimetrias faciais (CARLINI ET AL, 2005; CEVIDANES ET AL, 2005; SALES ET AL, 2007; HASHIMOTO ET AL, 2008). A anquilose mandibular é uma destas patologias. Villela et al (2007) relatam que as causas mais comuns de anquilose são os traumas, infecções locais e sistêmicas na articulação, mas que elas também podem ter como fator etiológico as causas congênitas.

PALOMO ET AL (2005) consideram que todas as faces são assimétricas, mas que nem todas as assimetrias precisam ser tratadas. O comprometimento estético, a estabilidade da oclusão dentária e a etiologia da assimetria facial é que ditarão a necessidade de tratamento do paciente (MASUOKA ET AL, 2007). A integração entre fatores genéticos e ambientais pode ser responsável pela diferença entre o lado esquerdo e direito da face (CEVIDANES ET AL, 2005). Apesar disso, a simetria facial completa é a busca de todos os profissionais que fazem uso de recursos ortodônticos e cirúrgicos.

O diagnóstico da assimetria facial é composto por um minucioso exame físico, incluindo a análise de modelos das arcadas dentárias e também de exames radiográficos (KATSUMATA ET AL, 2005; CATTANEO ET AL, 2008) como a telerradiografia frontal (AZEVEDO ET AL, 2006; DECKER ET AL, 2006; MASUOKA ET AL, 2007; ELSLANDE ET AL, 2008). Outros estudos ainda incluem para este exame as radiografias: submento-vertex (AZEVEDO ET AL, 2006), panorâmica (PALOMO ET AL, 2005) e oclusal. A observância destas imagens auxiliares de diagnóstico são de suma importância para que uma forma de tratamento ideal seja proposta

(DECKER ET AL, 2006). Estes exames radiográficos podem frequentemente identificar a assimetria facial, mas dificilmente poderão localizar suas causas. A TC já é uma ferramenta útil no diagnóstico da assimetria facial (KATSUMATA ET AL, 2005). Este exame permite análises mais precisas da simetria ou assimetria da face (figura 3.2.a.), e ainda pode fornecer dados melhorados (UECHI ET AL, 2006) para que seja traçada uma forma ideal de tratamento para cada patologia (CAVALCANTI ET AL, 2000).

A adaptação funcional pode ser a causa mais comum da assimetria encontrada na mandíbula e nos processos dento-alveolares (CEVIDANES ET AL, 2005; AZEVEDO ET AL, 2006). Este fato se sustenta pela susceptibilidade destas regiões anatômicas aos estímulos funcionais provenientes da mastigação. Já a base do crânio apresenta baixa assimetria, mas quando isto ocorre, frequentemente é transmitida para outras estruturas do complexo crânio facial. Tal fato pode gerar compensações e alterações até mesmo das arcadas dentárias.

Poucos foram os estudos realizados para diagnosticar a assimetria facial em períodos precoces de vida. Estudos realizados em fetos humanos mostram que as assimetrias já estão presentes em períodos precoces de vida intrauterina, o que demonstra que não só causas funcionais estão relacionadas com estas patologias (CEVIDANES ET AL, 2005). Diferenças de 2 milímetros (mm) de um lado da face para o outro lado já podem caracterizar uma assimetria, mas deve-se tomar muito cuidado ao usar este parâmetro. Os crânios podem variar muito de tamanho e esta forma de classificá-los pode ser pequena para alguns crânios e muito grande para outros. Crânios menores em tamanho e que possuam proximidade a 2 mm de assimetria na verdade podem apresentar grande assimetria, e o inverso também é verdadeiro.

As assimetrias são encontradas em maior frequência no terço inferior da face e as regiões mais afetadas são as dos ramos mandibulares e a da linha média dental. (AZEVEDO ET AL, 2006).

Muitos são os métodos de tratamento para a assimetria facial e dentre elas estão os tratamentos cirúrgicos e os ortodônticos. Ambas as áreas da odontologia podem fazer uso da TC para o diagnóstico e planejamento de todos os casos (KATSUMATA ET AL, 2005). Esta técnica de captura de imagem tem sido de grande valia também para profissionais de várias áreas médicas.

Como visto, no diagnóstico da AF o profissional faz uso das técnicas de captura de imagens por raios x (RX) e as imagens mais utilizadas são as obtidas pelas técnicas radiográficas convencionais.

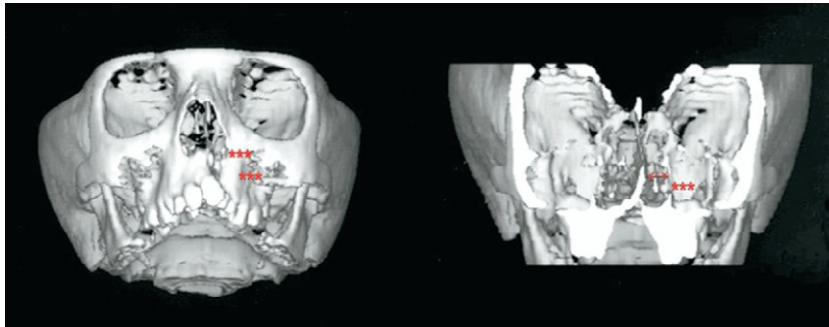


Figura 3.2.a. Tomografia Computadorizada de um indivíduo portador de fenda labial e palatina .

Fonte: Suri et al (2008).

3.3 EXAMES RADIOGRÁFICOS CONVENCIONAIS

3.3.1 História

A história do raio X (RX) começa em 27 de março de 1895 pelas mãos do físico alemão Wilhem Conrad Roentgen. Nesta época, Roentgen estudava emissões de raios gerados por descargas elétricas em tubos de vidro com vácuo e notou em um de seus experimentos que essas emissões tinham a propriedade de atravessar objetos em maior ou menor intensidade, dependendo de sua natureza. Neste momento, Roentgen reconheceu que estava diante de algo novo, e a estas emissões deu o nome de Raios X (RX). Sua descoberta gerou grande alarde, classificando-a como um milagre médico. Seu uso logo se alastrou.

As imagens radiográficas evoluíram muito até os dias atuais (HALAZONETIS ET AL, 2005) e os fatores decisivos para este desenvolvimento foram os avanços obtidos pelas técnicas de captura e tratamento de imagens médicas. Apesar destes avanços as imagens radiográficas ainda apresentam informações limitadas (HALAZONETIS ET AL, 2005; CATTANEO ET AL, 2008; ELSLANDE ET AL, 2008).

Diversas são as técnicas radiográficas convencionais (RC) empregadas em odontologia. As especialidades odontológicas como a ortodontia (CATTANEO ET AL, 2008), a ortopedia facial e a cirurgia fazem uso com frequência, de quatro técnicas específicas: a ortopantomografia, a telerradiografia lateral, a telerradiografia frontal e a radiografia axial.

3.3.2 Ortopantomografia

A ortopantomografia (figura 3.2.2.) é também conhecida como radiografia panorâmica. Esta técnica possibilita, em uma só tomada radiográfica, a reprodução completa dos dentes, da maxila, da mandíbula e da ATM (PASLER ET AL, 2001; PALOMO ET AL, 2005; ELSLANDE ET AL, 2008). Permite uma visão geral das condições bucais do indivíduo. A radiação necessária para a obtenção de imagem por esta técnica é relativamente baixa, além de ser bastante confortável ao paciente quando comparada a uma série de tomadas radiográficas periapicais (KIKI ET AL, 2007).



Fig. 3.3.2. Ortopantomografia ou Radiografia Panorâmica

A imagem radiográfica obtida por esta técnica apresenta sobreposição de várias estruturas anatômicas, o que faz com que estruturas menos densas sejam mascaradas pelas estruturas mais densas. Além disso, alguns outros erros podem diminuir a qualidade da ortopantomografia quando da tomada radiográfica, e são eles:

- 1 - Presença de corpos estranhos
 - Presença de brincos, colares e *piercings*.
- 2 - Superexposição de RX através meio de contraste negativo – o ar
 - Ausência de pressão da língua contra o palato.
 - Superexposição nos indivíduos desdentados
 - Posição incorreta da cabeça no cefalostato
- 3 - Movimentação do paciente durante a exposição
 - Movimentação da mandíbula
 - Movimentação da cabeça

Dentre as vantagens apresentadas por essa técnica, pode-se citar seu baixo custo, baixa exposição aos RX, sua simplicidade técnica e sua capacidade de mostrar grande parte das estruturas craniofaciais (PASLER ET AL, 2001; ELSLANDE ET AL, 2008). A desvantagem apresentada por esta técnica está em sua grande alteração dimensional. Muito cuidado deve ser tomado ao utilizar-se da radiografia panorâmica para o diagnóstico da assimetria facial, pois este exame não representa o universo craniofacial verdadeiro. Deve-se, este fato, à ocorrência de distorções tanto verticais como horizontais na imagem capturada (ELSLANDE ET AL, 2008). Além disso, a falta do correto posicionamento do paciente pode causar assimetrias nas imagens que podem não ser verdadeiras.

3.3.3 Telerradiografia Lateral

A telerradiografia lateral (figura 3.3.3) mostra o plano sagital mediano e as estruturas que são bilaterais, como os processos zigomáticos da maxila e suas relações espaciais (PASLER ET AL, 2001). Quando as estruturas simétricas estão localizadas na direção do feixe central de RX,

ou ainda se estão localizadas em um eixo próximo a ele, estas terão as imagens projetadas sobrepostas. Porém, isso não acontece quando estas estruturas não estão alinhadas em relação ao feixe central de RX (GOLDREICH ET AL, 1998) e neste caso a dispersão paralática dos raios promoverá a formação de imagens de estruturas simétricas com diferentes distorções, fato este que pode ocorrer quando não há um correto posicionamento da cabeça do paciente no momento da tomada radiográfica. Esta técnica de captura de imagem permitiu que alguns protocolos de mensurações fossem desenvolvidos, sempre com o intuito de favorecer um diagnóstico mais preciso de cada caso (GOLDREICH ET AL, 1998; PASLER ET AL, 2001). Várias escolas de ortopedia, ortodontia e cirurgia fazem uso de protocolos diferentes. Cada um destes protocolos permite realizar-se uma determinada análise cefalométrica, que será assunto de um capítulo específico desta dissertação.



Figura 3.3.3. Telerradiografia Lateral

3.3.4 Telerradiografia Frontal

A telerradiografia frontal (figura 3.3.4.) também é estudada através de uma análise cefalométrica. Esta técnica de captura de imagem possui a capacidade de projetar as duas metades do crânio em um mesmo plano (PASLER ET AL, 2001). Este recurso permite que se façam comparações entre os dois lados do crânio ao mesmo tempo (JANSON ET AL, 2007) e para que esta comparação seja válida, o paciente deverá estar imóvel e com sua cabeça corretamente posicionada durante a tomada radiográfica (BAPTISTA ET AL, 2007). O erro na posição correta da cabeça do paciente ou mesmo da fonte de RX (LEE ET AL, 2007) pode gerar assimetrias que não sejam verdadeiras. Devido a este detalhe deve-se dar grande atenção ao processo de captura da imagem.



Figura 3.3.4. Telerradiografia Frontal

3.3.5 Radiografia Axial

Dentre todas as RC descritas até o momento, esta é a menos solicitada pelo clínico. Sua capacidade de mostrar os lados direito e esquerdo do crânio permite que estruturas como côndilos e maxila sejam bem visualizadas (figura 3.3.5.). Fatores como um bom posicionamento do paciente e do foco de RX interferem nesta tomada radiográfica da mesma forma que em outras RC, mas ainda há um fator adicional: a cabeça do paciente fica mais longe do filme radiográfico que em outras técnicas propiciando uma maior ampliação da imagem (PASLER ET AL, 2001).



Figura 3.3.5. Radiografia Axial

Fonte: Arquivo do autor

3.3.6 Cefalometria

Estudar as formas e mensurações da cabeça humana sempre foi desafio para o homem. Centenas de anos antes do advento do RX estudiosos já buscavam tal objetivo. Hipócrates (460-375 a. C.) é considerado o primeiro deles. Suas anotações sobre este tema lhe renderam o título de precursor da antropologia física. Segundo Pereira et al (2010), o primeiro estudo métrico do crânio que se tem conhecimento é o de Leonardo da Vinci (1452-1519). As proporções entre as linhas e segmentos do crânio foram o assunto de destaque em seu trabalho. Outro estudioso foi Pieter Camper (1722-1789) que tinha como foco de seus trabalhos a variação do perfil humano. Um plano craniométrico que passa pelos condutos auditivos externos e a base do nariz recebeu seu nome, o seja, plano de Camper.

Como se observa, sempre houve uma necessidade de se mensurar para uma melhor compreensão do complexo craniofacial. Uma forma de padronizar um método de estudo do crânio tornava-se necessária. Todas as reuniões (Munique em 1877 e Berlim em 1880) com tal objetivo foram infrutíferas, até que no XIII Congresso Geral da Sociedade de Antropologia Alemã, realizado em Frankfurt, em 1882, chegou-se a um consenso sobre um plano de orientação do crânio. A união entre as bordas superiores dos meatos acústicos externos direito e esquerdo, passando pelo ponto mais baixo da margem inferior da órbita esquerda formavam este plano, e este recebeu o nome de Plano de Frankfurt. Sua versatilidade de localização e facilidade de marcação é grande, pois tanto pode ser marcado em crânios secos, como também em indivíduos vivos (PEREIRA ET AL, 2010).

Com a descoberta do RX o estudo da craniometria *in vivo* intensificou-se. Mensurações lineares e angulares passam a ser realizadas através de pontos anatômicos do crânio e da face e obtidas por radiografias (HARREL ET AL, 2002). Essas mensurações são realizadas por métodos específicos e padronizados, que recebem o nome de cefalometria. As interpretações dos valores obtidos através destas mensurações cefalométricas recebeu o nome de “Análises Cefalométricas” (FLORIA ET AL, 2007).

Muitos foram os pesquisadores sobre este assunto. Pacini et al, em 1922, publicaram o estudo *Roentgen Ray Anthropometry of the skull*, onde pontos craniométricos usados na antropologia passam a ser utilizados em radiografias com a finalidade de estudar os

desvios de normalidade do crânio. Pereira et al (2010) relatam que a radiografia de perfil da face era um bom meio de diagnóstico na área ortodôntica já em seu início. Propuseram-se técnicas para esta tomada radiográfica, sendo que Simpson em 1923 propôs que a distância foco-filme fosse a maior possível. Este conceito difundiu-se e tornou-se aceito até aos dias atuais. Broadbent é considerado o pai da cefalometria moderna. Tal fato deve-se a seus estudos e publicações. O artigo de 1931 com o título “*A new X-Ray technique and its application to orthodontics*” é reconhecido como o marco inicial da cefalometria radiográfica. Neste artigo utiliza um cefalostato, um dispositivo criado por ele mesmo, para a obtenção das radiografias de perfil da face (PEREIRA ET AL, 2010). Este recurso permitiu que radiografias seriadas de um mesmo indivíduo pudessem ser comparadas, tornando-se imprescindíveis na observação do crescimento e na avaliação de tratamentos ortodônticos. Este pesquisador também publicou artigo onde estabeleceu medidas craniofaciais para crianças normais, começando aí os estudos sobre crescimento craniofacial através de radiografias. Sua proposta de cefalostato é ainda hoje utilizada e com poucas modificações (PEREIRA ET AL, 2010).

Após Broadbent vários pesquisadores apresentaram um conjunto de medidas craniométricas úteis com o objetivo de se realizar um diagnóstico ortodôntico. Alguns desses pesquisadores criaram suas próprias análises e foram eles: Schwarz, Brodie, Tweed, Wylie, Björk, Downs, Steiner, Krogman, Sassouni, Salzman, Ricketts, Thurow entre outros. Todas essas propostas de análises cefalométricas trouxeram ao clínico, elementos essenciais para seu dia a dia, seja na pesquisa ou na prática clínica. Informações sobre relacionamento de bases ósseas, suas formas, oclusão e posicionamento de dentes são alguns desses elementos essenciais proporcionados por técnicas radiográficas convencionais (VAN VLIJMEN ET AL, 2009) O conhecimento do estado de normalidade destes elementos contribuem para um diagnóstico mais preciso, tanto no início de um tratamento como para uma efetiva avaliação pós-tratamento.

Entre as análises cefalométricas mais difundidas estão as que foram propostas por Robert M. Ricketts (BATISTA ET AL, 2007). Este pesquisador publicou diversos artigos sobre análises cefalométricas, sendo um dos maiores pesquisadores da morfologia craniana vista através de telerradiografias. Propôs análises cefalométricas tanto para a telerradiografia lateral (figura 3.3.7.) como para a telerradiografia frontal. Para a telerradiografia lateral propôs uma análise composta por 33 fatores, cujas medidas lineares e angulares são realizadas com o objetivo de se

localizar as alterações dentoesceléticas. Para a telerradiografias frontal propôs uma análise que tem como objetivo mostrar assimetrias entre os lados direito e esquerdo do crânio.

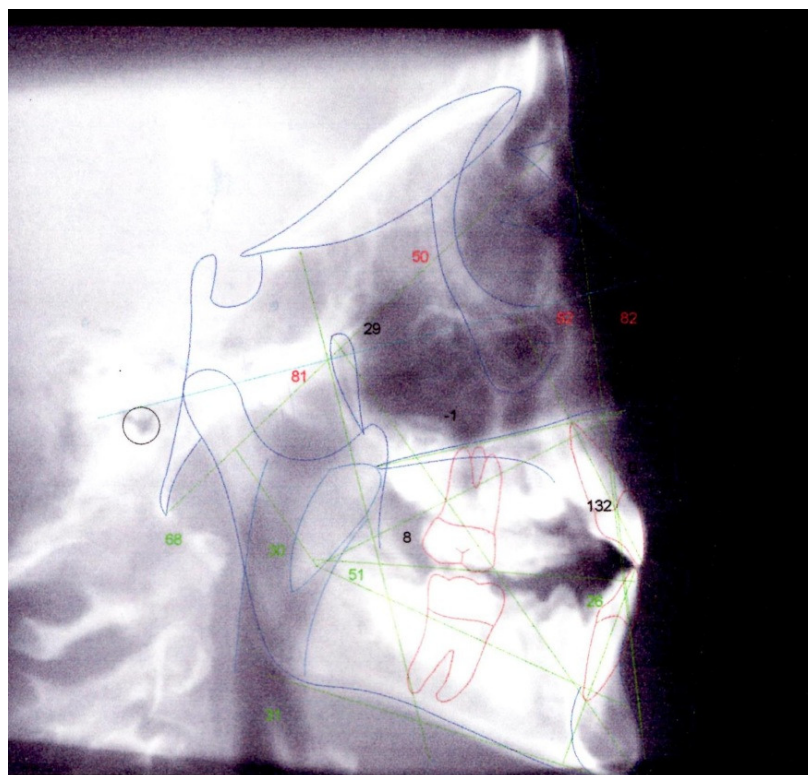


Figura 3.3.6. Imagem de traçado cefalométrico

Na década de 70, as técnicas de captura de imagens através de RX sofreram um grande avanço com a introdução dos recursos computacionais na captação e geração de imagens. Chega a era da tomografia computadorizada.

3.4 Tomografia Computadorizadas

A palavra “tomografia” tem origem do grego, onde *tomos* significa camada e *graphos* significa escrita. É um método de diagnóstico que faz uso de feixes muito finos de RX, que são reconhecidos por receptores específicos e transmitidos a computadores que irão gerar imagens

minuciosas de segmentos de tecidos corporais (GARIB ET AL, 2007). Estes recursos favorecem para que a TC seja um excelente método para quantificar assimetrias faciais (UECHI ET AL, 2006). Uma divisão didática foi realizada para uma melhor compreensão deste assunto.

3.4.1 História da TC

A história da invenção da TC, de certo modo, é toda a história de avanços em captura e tratamento de imagens em radiologia. O próprio uso do RX já trazia a intenção de nos “desvendar internamente”, e isso não é diferente com a TC.

O físico Hounsfield juntamente com o médico Cormack são os pesquisadores responsáveis pelo desenvolvimento do primeiro tomógrafo. Hounsfield apresentou seus experimentos à comunidade médica em Amsterdã, não despertando o interesse momentâneo por seu invento. Tal interesse, e até mesmo empolgação, só veio ocorrer em 20 de abril de 1972, no Congresso Anual do *British Institute of Radiology*, e a primeira foto do aparelho de TC foi publicada no Jornal *Times*, em 21 de abril de 1972.

O primeiro aparelho de TC levava em torno de nove minutos para formar a imagem de uma única seção transversal de um tecido corpóreo. O intervalo de reconstrução era de dois minutos. Hoje os tomógrafos modernos formam a imagem em frações de segundos e em tempo real de reconstrução. Apesar disso, basicamente possuem o mesmo princípio de obtenção das imagens proporcionado pelo RX, ou seja, utiliza-se de um feixe de RX para atravessar um objeto. A diferença está na espessura e recepção destes raios, que nas tomografias computadorizadas (TCs) são finos e são reconhecidos por receptores que encaminham estes sinais para um computador. Seguindo, soluções computacionais são necessárias para gerar as imagens de tecido duro e de tecido mole, gerando respectivamente imagens hiperdensas e hipodensas.

Hounsfield e Cormack receberam o Premio Nobel de medicina no ano de 1979 pela invenção e pela grande aplicação alcançada pela TC. Desde sua invenção os aparelhos de TC já sofreram diversos avanços, mas sua constituição continua essencialmente a mesma.

3.4.2 Constituição dos Tomógrafos

Os tomógrafos são constituídos por um conjunto de sistemas (HALAZONETIS ET AL, 2005; HEIMISDOTTIR ET AL, 2005), e são eles (figura 3.4.2.a.);

- Sistema de emissão de RX – estão localizados no gantry ;
- Sistema de detectores de radiação - estão localizados no gantry ;
- Mesa de exame;
- Sistema de reconstrução de imagem;
- Sistema de armazenamento e apresentação de imagens -HD/teclado /monitor;
- Sistema de documentação - impressora multiformato a laser, comum ou seca;



Figura 3.4.2. Constituição de um tomógrafo

Fonte: claudiosouza.spaceblog.com.br

3.4.3 Tipos de Tomógrafos (www.cetac.com.br)

As mudanças incorporadas pelos tomógrafos desde sua invenção até os dias atuais foram muito grandes. Esses avanços tecnológicos fizeram com que fossem reconhecidos ou classificados por gerações. A forma como o RX é emitido e o modo como este é detectado é o que caracteriza cada uma destas gerações de TC. O primeiro tomógrafo possuía apenas um ou dois receptores de RX, fazendo que um corte tomográfico levasse nove minutos para ser reconstruído. Com o avanço dos recursos computacionais, bem como o aumento do número de receptores de RX instalados no tomógrafo, a velocidade de captura das imagens tomográficas passam a ser muito rápidas. Estes tomógrafos são os chamados de última geração, e possuem mais de 1000 receptores. Os tempos de corte são baixíssimos, ou seja, bem abaixo de 1 segundo.

Os tomógrafos podem ser classificados por gerações. Um outro meio de classificá-los é pelo movimento de sua mesa, que pode ser estática ou não. São de dois tipos:

1-O tomógrafo axial é o que possui a mesa estática. A formação da imagem obedece a um corte no plano transversal do objeto. Somente o *gantry* movimenta-se em 360°.

2- O tomógrafo helicoidal ou espiral é aquele em que além do movimento do *gantry* possui e ainda o da mesa, e este ocorre de modo simultâneo.. Este tipo de tomógrafo permite que uma emissão helicoidal de RX seja gerada.

3.4.4 Princípios Básicos da Formação da Imagem por TC

Os princípios básicos da formação da imagem por TC é similar aos princípios de formação de imagem por RX. Uma parte do RX é absorvida pelo tecido corpóreo irradiado e outra não. A absorção depende da natureza de cada tecido, onde os mais densos (por exemplo, o tecido ósseo) absorvem maior quantidade de radiação que os menos densos (por exemplo, o tecido adiposo). Uma fração da radiação emitida atravessa os tecidos é captada e reconhecida pelos receptores que estão do lado oposto ao tubo de RX, e outra fração é atenuada pelo tecido.

Seguindo, soluções matemáticas e computacionais são aplicadas com o objetivo de transformar estes sinais elétricos na imagem tomográfica propriamente dita. Então, imagens de cortes axiais (figura 3.4.4.) de espessuras variadas são gerados até perfazer toda a área irradiada com diferentes graus de atenuação (HALAZONETIS ET AL, 2005; HEIMISDOTTIR ET AL, 2005). Quanto menor for a espessura dos cortes, melhor será a qualidade da imagem desde que o intervalo de reconstrução seja mantido fixo e não seja grande. Estes intervalos são áreas não irradiadas e que são reconstruídas por soluções matemáticas.

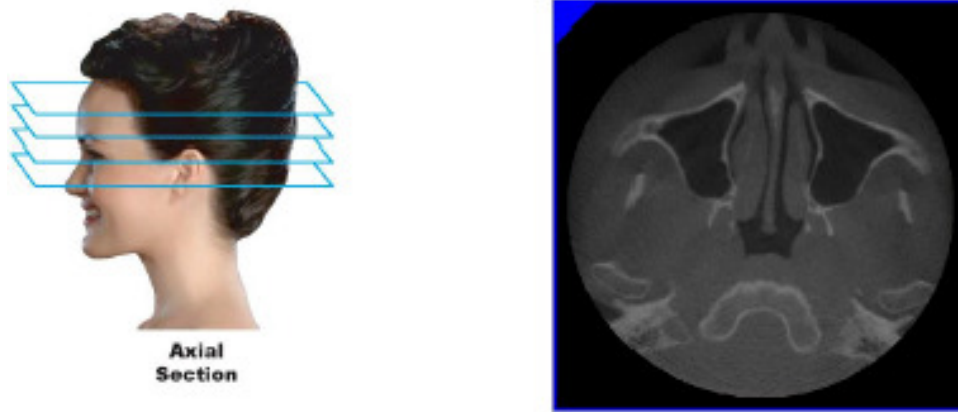


Figura 3.4.4. Imagem de um corte axial

Fonte: Virtual Journal of Orthodontics (publicado em 10-04-07)

A imagem de um corte axial é constituída por um conjunto de infinitos pontos e cada um destes pontos recebe o nome de *pixel*. Estes pontos estão dispostos em uma malha de linhas e colunas que dão origem à uma matriz bidimensional. Quando vários cortes axiais vierem a ser sobrepostos, uma matriz tridimensional é formada (HALAZONETIS ET AL, 2005; HEIMISDOTTIR ET AL, 2005). A unidade pontual de imagem passa agora a ser tridimensional e recebe o nome de *voxel*. Quanto maior for o *voxel* menor será a qualidade da imagem. Todos os elementos pontuais, sejam eles bidimensionais ou tridimensionais, estão contidos em uma malha composta por linhas e colunas denominada “campo de visão” (FOV- *field of view*). O FOV representa o tamanho em que o objeto em estudo será analisado; então, quanto maior for o

tamanho do FOV, maior será o *pixel* e conseqüentemente maior será o *voxel*, desde que o número de linhas e colunas sejam mantidos fixos.

3.4.5 Escala de Hounsfield

A escala utilizada para classificar o grau de atenuação do RX ao atravessar um determinado objeto recebe o nome de Escala Hounsfield. Convencionou-se que esta escala cumpriria tal objetivo através do conhecimento das variações de tons de cinza representados na imagem (HALAZONETIS, 2005). Cada *pixel* assume uma tonalidade de cinza de acordo com a área do tecido representado por ele. Assim tomografias de tecidos humanos podem ser representadas de acordo com a densidade própria de cada um deles. Quanto mais denso um tecido corpóreo mais clara será a tonalidade de cinza do *pixel* que o representa. O mesmo aplica-se a unidade tridimensional do *pixel*, o *voxel*. Convencionou-se que tons de cinzas da Escala de Hounsfield seriam assim representados:

-1000 = negro -----representa o ar (hipoatenuante)

0 = cinza ----- representa a água.

1000 = branco ----- representa o tecido ósseo (tecido hiperatenuante).

Os intervalos entre estas variações (-1000 – 1000) é onde encontram-se representados todos os outros tecidos humanos. O relato desta escala, neste estudo, advém da necessidade de conhecê-la para saber diferenciar os tecidos humanos, caso o profissional queira por si próprio gerar e manipular as imagens de uma tomografia. A separação dos tecidos corpóreos na manipulação das imagens é chamada de segmentação. Este processo requer se conhecer o grau de atenuação do RX pelos tecidos.

3.4.6 Aplicação da Tomografia

A TC vem sendo utilizada, preferencialmente, como um valioso método de diagnóstico na área médica. Farman et al (2006) e Katsumata et al (2005) reconhecem que a TC oferece muito mais recursos diagnósticos que os exames convencionais, mas que ainda é uma técnica pouco difundida. Também reconhecem ser esta técnica de captura de imagem um efetivo meio de diagnóstico da AF.

3.4.7 Tomografia Computadorizada em Odontologia

A TC há alguns anos era uma ferramenta diagnóstica pouco conhecida pela classe odontológica. Somente alguns profissionais a utilizavam, mesmo reconhecendo sua capacidade de substituir técnicas radiográficas convencionais e com ganho de qualidade e precisão (CAVALCANTI ET AL, 2004; HALAZONETIS ET AL, 2005; HILGERS ET AL, 2005; UECHI ET AL, 2006; HABERSACK ET AL, 2007; CATTANEO ET AL, 2008; VAN VLIJMEN ET AL, 2009). Casos como pacientes com traumas e patologias específicas que envolviam grande área do complexo craniofacial eram indicados para este exame. Tal fato fez com que poucas especialidades da odontologia criassem intimidade com este recurso e dentre as que criaram estão a implantodontia, a patologia e a cirurgia bucomaxilofacial. Outros fatores que contribuíram para que sua escolha como método de diagnóstico fosse dificultada foram: a alta dose de radiação emitida (SILVA ET AL, 2008), seu alto custo, necessidade de equipamentos de computação de grande poder de processamento, longa curva de aprendizagem do usuário e principalmente, a falta de protocolos específicos e consagrados para o uso prático na clínica diária. Uma limitação das imagens tomográficas é sua baixa resolução espacial, o que faz com que pequenos detalhes anatômicos não sejam bem representados (UECHI ET AL, 2006). Como exemplo destes pequenos detalhes anatômicos pode-se citar a superfície oclusal dos dentes

(UECHI ET AL, 2006). Esta limitação pode ainda ser aumentada dependendo da técnica de TC utilizada.

3.4.8 Tomografia Computadorizada por Feixe Cônico (TCFC)

A introdução de uma nova técnica de captura de imagem por TC (1998) denominada Tomografia Computadorizada por Feixe Cônico (TCFC) ou Tomografia Computadorizada Cone Beam (CTCB) provocou sua popularização no meio odontológico. Esta técnica faz uso de um feixe cônico de radiação (*cone beam*) diferente do tipo de feixe de radiação em leque (*fan beam*) utilizado até então em odontologia e mostrou suprir as necessidades específicas de diagnóstico (WEISSHEIMER ET AL, 2008). A fonte geradora de RX faz um movimento de 360° em torno do objeto (MOSHIRI ET AL, 2007) e atinge um grande sensor plano que acompanha seu movimento, transformando esta energia física em sinal elétrico. Agora, *softwares* sofisticados geram o volume do objeto, utilizando-se para isto dos 360 cortes gerados pela varredura. Imagens 2D de reconstruções multiplares (axial, sagital e coronal) também são geradas através de *softwares* instalados nos tomógrafos. Além destas imagens 2D pode-se gerar também imagens 3D. O tempo para realizar-se a varredura ou escaneamento do crânio do indivíduo é de aproximadamente de 20 a 40 segundos. A grande aceitação desta técnica resulta de seu custo mais acessível e pela exposição do paciente a doses relativamente baixas de radiação (figura 3.4.8.a), quando comparadas às técnicas tomográficas convencionais (HALAZONETIS ET AL, 2005). A radiação, por sua vez, pode ser até mesmo menor que a das técnicas de exames radiográficos convencionais quando estas são somadas (MAH ET AL, 2006).

Comparação em dose efetiva	Dose média em μSv
TC Convencional*	1200-3300
Radiografia Convencional **	150
i-CAT varredura de 20 segundos**	68
NewTom 9000	50
i-CAT varredura de 10 segundos**	34
New-Tom 9000 3G	20
Ortopantomografia analógica**	15
Ortopantomografia digital**	10
Morita 3DX (TC volumétrica dental)	10
Dose de fundo diário**	8
*Dr. Stuart White, Dept. of Radiology, UCLA	
** Dr. Sharon Brooks, Dept. of Radiology, University of Michigan	

Figura 3.4.8.a. Quadro comparativo de doses de radiação de diversas técnicas de captura de imagens.

Fonte: Virtual Journal of Orthodontics (publicado em 10-04-07)

Outros importantes fatores que resultam em sua grande aceitação na classe odontológica estão na capacidade da CTCB irradiar apenas a região craniofacial (HATCHER ET AL, 2004), ser de relativa facilidade de uso e ainda possuir uma ótima qualidade de imagem (OLIVEIRA ET AL, 2009). As mais variadas especialidades das áreas médicas e odontológicas podem fazer uso desta nova técnica, como otorrinolaringologistas, cirurgiões de cabeça e pescoço e

especialistas de qualquer área do conhecimento que atuem no complexo craniofacial. Um detalhe importante é que através de *softwares* instalados nos tomógrafos de feixe cônico, as imagens de cortes coronais panorâmicos, telerradiografia lateral e telerradiografia frontal também podem ser geradas. Estes recursos evitam que mais exposições radiográficas extras venham a ser necessárias e que também cefalometrias possam ser realizadas.

Outras reconstruções muito importantes são as reconstruções multiplanares. Nela pode-se realizar qualquer análise craniométrica, fatia por fatia. A imagem 3D do complexo craniofacial deve sempre ser analisada juntamente com as reconstruções multiplanares para que o diagnóstico venha a ser completo e isento de erros de protocolo. Para isso, a imagem 3D deve ser “manipulada” e observada pelas mais diversas e possíveis perspectivas (VILLELA ET AL, 2007).

Na especialidade de ortodontia, a CTCB vem sendo usada pela sua capacidade de permitir melhor qualidade de diagnóstico quando comparada com os exames radiológicos convencionais (HALAZONETIS ET AL, 2005; CATTANEO ET AL, 2008; LAGRAVERE ET AL, 2008;). As vantagens deste exame podem ser observadas quando são analisadas estruturas anatômicas como (HEIMISDOTTIR ET AL, 2005; FLORIA ET AL, 2007):

- 1 - A qualidade e espessura do osso alveolar;
- 2 - Inclinação e torque dental;
- 3 - Posicionamento exato do dente e seu relacionamento com as estruturas vizinhas.
- 4- Reabsorção radicular em trans e pós-tratamento
- 5- Avaliação do tecido mole e sua relação com o tecido ósseo.
- 6- Tamanho e posição da lingual
- 7- Morfologia das vias aéreas superiores.
- 8- Análise do tecido ósseo da articulação temporomandibular
- 9- Análise e planejamento cirúrgico do complexo craniofacial.

As desvantagens desta técnica presentes na (FLORIA ET AL, 2007):

1- Necessidade de possuir um equipamento de informática robusto, para que o usuário venha a gerar, manipular e arquivar imagens com economia de tempo e sem risco de perda de arquivos;

2- Necessidade de conhecer informática e ainda dominar os *softwares* utilizados para tal finalidade;

3- Necessidade de dedicar tempo para o aprendizado do uso dos *softwares*;

4 - Necessidade de dedicar tempo ao aprendizado da anatomia tomográfica;

5 - Necessidade de estar sempre atualizado devido à rápida evolução tecnológica;

6- Necessidade de proteção pela grande quantidade de radiação emitida, o que sempre ocorre;

7- Necessidade de grande espaço físico para a instalação do tomógrafo;

A técnica CTCB não é indicada para o estudo das diferenças morfológicas dos tecidos moles. O motivo está em não ser capaz de captar as diferentes variações existentes entre os tecidos humanos contidos no grupo chamado tecidos moles. Apesar disto a visualização deste grupo de tecidos é fundamental para um melhor estudo de sua relação com as estruturas que compõem os chamados tecidos duros. Deve-se tomar um cuidado a mais no estudo da relação dos tecidos na região craniofacial, porque a varredura é feita, mais frequentemente, com o paciente sentado e com apoio no mento. Nesta situação este apoio utilizado para a estabilização da cabeça do paciente pode promover modificações na relação do tecido mole e duro da região (figura 3.4.8.b.). Muito cuidado também deve ser tomado em tomógrafos que fazem a aquisição de dados com o paciente deitado (figura 3.4.8.c.). Neste caso as vias aéreas podem ser representadas com modificações anatômicas que não condizem com sua verdadeira morfologia.



Figura 3.4.8.b. Tomógrafo i-CAT

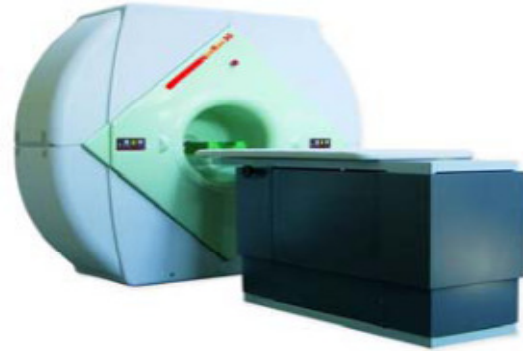


Figura 3.4.8.c. Tomógrafo Newtom

Fonte: Virtual Journal of Orthodontics (publicado em 10-04-07).

Na antropologia física, antes da descoberta do RX, as mensurações eram realizadas diretamente nos crânios secos. Os estudos antropométricos *in vivo* puderam ser realizados somente após a descoberta do RX. Avanços tecnológicos que propiciem menor quantidade de radiação emitida pela TC somado à popularização da técnica pode vir a promover o retorno das mensurações em estruturas 3D ,ou seja, retornar ao princípio da craniometria. Pode-se, então, retornar aos usos de técnicas de antropometria física. Tudo isso, graças a *softwares* específicos para manipulação de imagens médicas como o *InVesalius*.

3.5 O Software In Vesalius

Os avanços técnicos dentro da informática, bem como os avanços na área de desenvolvimento de *softwares* propiciaram a “manipulação” das imagens tomográficas não só pelo radiologista (GOUVEIA, 2009), que anteriormente escolhia, tratava, manipulava e gravava as imagens que achava conveniente. Hoje muitos usuários têm preferência em receber estes

arquivos gravados em linguagem DICOM (*Digital Imaging Communications in Medicine*) e tal preferência permite que ele mesmo possa realizar o tratamento destas imagens. Essa escolha proporciona uma visão globalizada da TC bem como evita que regiões de seu interesse não sejam retratadas no exame, o que poderia induzi-lo a erros.

O desenvolvimento de softwares médicos, comerciais, livres e públicos permitiu que esta manipulação das imagens geradas pela TC viessem a ser realizadas de forma direta pelo usuário. Dentre esses softwares encontra-se o *InVesalius* (figura 3.5.a.), que além de ser de domínio público (www.softwarepublico.gov.br) possui robustez necessária para tratar e manipular imagens médicas. Seu nome é uma homenagem ao médico belga “Andreas Vesalius” (1514-1564) que é considerado o "pai da anatomia moderna".

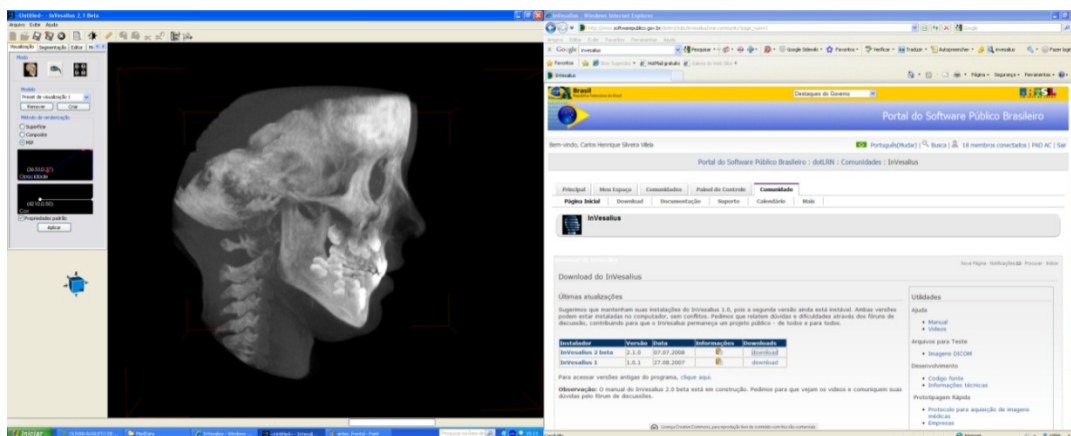
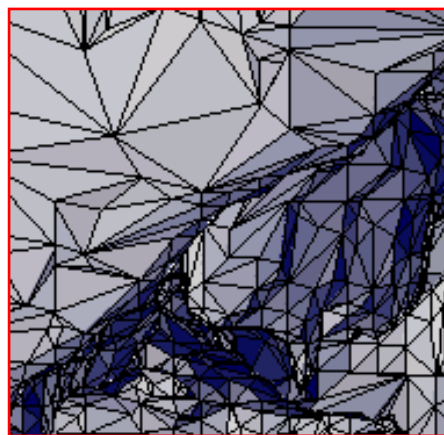
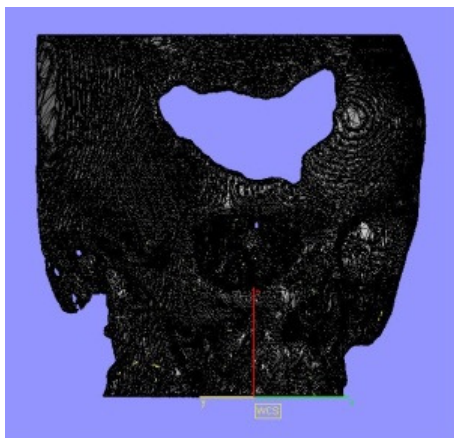
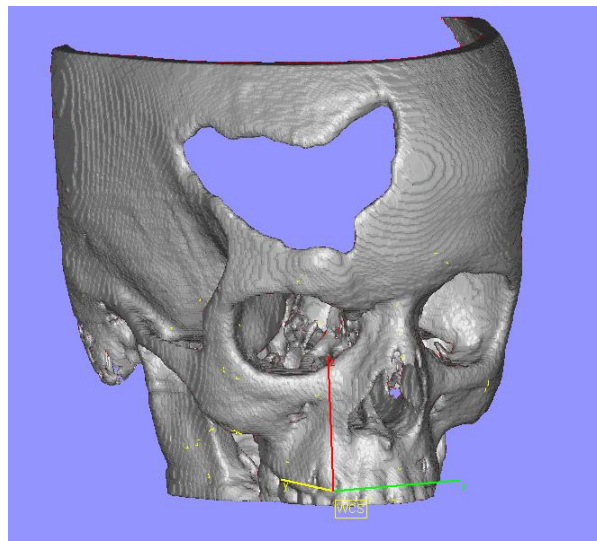


Figura 3.5.a. Tela do *Software In Vesalius*

Muitos recursos instalados neste *software* são superiores aos instalados nos *softwares* dos tomógrafos. Um destes recursos é a capacidade de exportar modelos tridimensionais. O formato de arquivo mais utilizado para isto é o STL (*Stereolithography*). Este tipo de arquivo é representado por uma grande quantidade de triângulos irregulares e desordenados que recobrem o objeto 3D em toda sua superfície (figuras 3.5.b.). Seu desenvolvimento ocorreu devido à necessidade da criação de uma ferramenta auxiliar específica para a prototipagem rápida, mas este arquivo também pode ser utilizado para a exportação final de todo volume adquirido. Para isso, basta que o *software* seja capaz de gerar o arquivo e também possa exportá-lo para outro

que o reconheça. Estas ferramentas estão instaladas no *InVesalius* e possuem ainda grande robustez.



Figuras 3.5.b. Arquivo STL (Fonte: CTI - Campinas - SP)

Seguindo estes passos, é possível manipular novamente as imagens para diversas finalidades. Outras características apresentadas por este *software* estão na capacidade de processar, tratar e manipular imagens médicas. Permite visualizações em 2D e 3D, além de proporcionar mensurações lineares e angulares. Outras possibilidades são as de segmentar objetos, aplicar técnicas de extração de contorno e fazer interpolação. Possui ainda a ferramenta chamada editor de fatias, que tem como atributo a habilidade de favorecer a eliminação de ruídos

e artefatos que possam estar presentes nos arquivos de imagens. Todos esses recursos tornam-se de grande valia no diagnóstico (figura 3.5.c.) ou mesmo na documentação de procedimentos cirúrgicos (SANTA BÁRBARA ET AL, 2006).

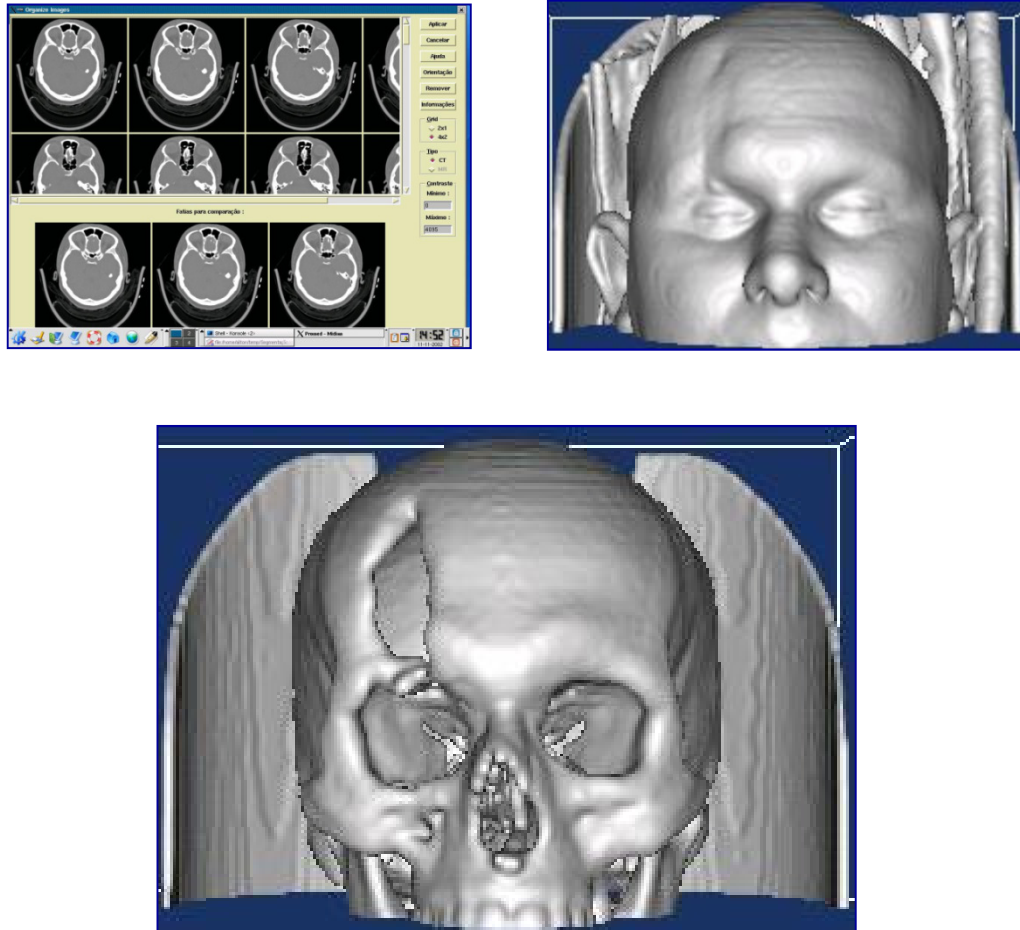


Figura 3.5.c. Imagens geradas para avaliação cirúrgica obtidas pela manipulação de imagens no software InVesalius.

Todos os recursos necessários à conclusão deste estudo não fazem parte do arsenal de ferramentas implementadas no *InVesalius*. Fez-se assim necessária a utilização de um outro *software* que pudesse complementar este estudo. O software escolhido foi o *Rhinoceros*.

3.6 O Software *Rhinoceros*

A necessidade de representar geometrias complexas sempre foi um desafio em engenharia. Representar estruturas como cascos de navios, fuselagens de aeronaves e latarias de veículos é tarefa para *softwares* robustos e que possuam ferramentas geradoras de superfícies complexas bem desenvolvidas. Para atender a estas necessidades foi desenvolvido o *software* proprietário de engenharia chamado *Rhinoceros 4.0* (Robert Mc Neel & Associates®). Com as facilidades e a dinâmica de um modelador de superfícies, o *Rhinoceros* trabalha com modelos sólidos utilizando-se de um simples conceito: um conjunto de superfícies fechado e unido é um sólido. Então, a edição de modelos STL confeccionados e exportados pelo *InVesalius* vem a favorecer a geração de detalhes da anatomia do complexo craniofacial.

Uma aplicação que vem sendo desenvolvida no Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (Campinas - SP- Brasil), fazendo uso deste *software* é o BioCad (figura 3.6.). Este, por sua vez, é um conceito que consiste em um conjunto de técnicas de modelagem que representam marcos anatômicos principais na estrutura desejada. Não utiliza todos os pontos anatômicos para que a malha de triângulos não seja aumentada a ponto de não poder ser processada ou mesmo para que não demore em demasia o seu processamento. A característica desta nova aplicação faz com que a geometria anatômica do complexo craniofacial possa ser representada de forma segura e com relativa rapidez.

Dentre a gama de ferramentas úteis implementadas no *software Rhinoceros 4.0*, existem aquelas que realizam medidas lineares, angulares, de área e de volume e ainda aquelas que podem gerar planos. Todas essas características implementadas neste *software* de engenharia permitem que os objetivos propostos deste trabalho sejam alcançados.

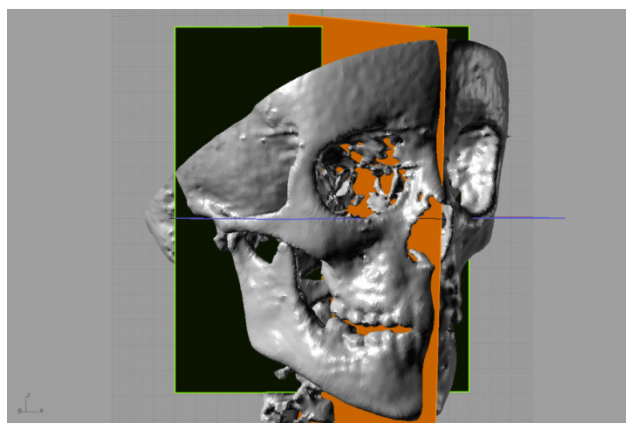


Figura 3.6. Imagem gerada pelo *Rhinoceros*

3.7 Protocolos Tridimensionais

O uso e o desenvolvimento das técnicas 3D de captura e tratamentos de imagens médicas vêm permitindo que estudos e diagnósticos em odontologia se aprimorem com o passar dos anos. Protocolos 3D para o diagnóstico da AF vêm sendo propostos (CEVIDANES ET AL, 2005; UECHI ET AL, 2006). Todas estas proposições, de algum modo, procuram quantificar modificações em estruturas anatômicas ocorridas antes, durante e após os tratamentos. A importância dessa quantificação é grande, porque só o exame cranioscópico não é capaz de mostrar todos os resultados esperados. Isso acontece devido à sua subjetividade e também pelas falhas inerentes à visualização da imagem.

O objetivo de se complementar o exame cranioscópico do modelo 3D com a craniometria do mesmo, visa melhorar as pesquisas e a clínica diária em diversas especialidades odontológicas. Muito disto se deve ao alto grau de acurácia e reprodutibilidade que esta técnica permite.

Adams et al (2004) compararam um protocolo 3D com um protocolo 2D. Ambos os protocolos foram comparados com o padrão ouro que consistia de 9 crânios secos humanos. Concluiu que as mensurações obtidas no protocolo 2D afastavam-se significativamente das obtidas no crânio seco. Já as medidas obtidas no protocolo 3D ficavam muito próximas das obtidas nos crânios.

Katsumata et al (2005) propuseram que a marcação de alguns pontos anatômicos não deveria ser realizada diretamente sobre a imagem 3D, pois, em decorrência desta marcação sua visualização poderia ser dificultada e este tipo de imagem poderia não representá-los verdadeiramente. Estes pontos foram marcados nas imagens bidimensionais reformatadas oriundas de TC. Também relata a grande vantagem de se poder observar estruturas anatômicas livres de sobreposições de estruturas como ocorre nas RC. Os autores veem a necessidade de se gerar um plano sagital mediano para se reconhecer com maior facilidade a assimetria facial. Utilizaram para a criação deste plano os pontos craniométricos Sela (S), Basion (Ba) e Nasion (Na).

Cevidanes et al (2005) utilizaram imagens 3D para estudar os vetores de crescimento de partes e contrapartes ósseas em pacientes que receberam tratamento ortopédico, comparando-os com pacientes não tratados. Concluiu que a quantificação da remodelação e desenvolvimento craniano é de suma importância para um bom diagnóstico. Este estudo foi realizado com exames de ressonância magnética, mas a autora afirma que suas conclusões podem ser ampliadas para qualquer tipo de exame complementar de imagem que faça uso de técnicas 3D.

Langravère et al (2006) relataram que as estruturas 3D são subavaliadas quando são retratadas por protocolos 2D, mas que protocolos 3D devem ainda ser validados para que os mesmos possam vir a cumprir seus objetivos, tais como esclarecer métodos de tratamentos controversos.

Hwang et al (2006) propuseram um protocolo 3D para o diagnóstico da assimetria facial utilizando como fonte de dados a TC. Este protocolo possui três planos de referência:

a) um plano sagital formado por três pontos anatômicos, o *opstio* (Op), a *crista galli* (Cg) e a espinha nasal anterior (ENA)

b) Um plano horizontal formado por três pontos anatômicos, os pórios direito $Po_{(d)}$ e esquerdo $Po_{(e)}$, e somente um orbital (Or).

c) Um outro plano horizontal formado por três pontos, os dois antegônios ($Ag_{(d)}$ e $Ag_{(e)}$) e o mentoniano (Me).

Além das medidas bilaterais, neste protocolo, as segmentações da maxila e mandíbula também podem ser realizadas permitindo análises individuais destes segmentos anatômicos. Medidas angulares e mensurações lineares também foram realizadas. Para caracterizar a

assimetria, convencionou-se o valor em 1,5 mm para as medidas lineares e 3,5° para as medidas angulares.

Langravère et al (2006) propuseram um protocolo 3D que tinha como referência inicial pontos bilaterais presentes na base do crânio. Estabelecia que o ponto zero nas coordenadas x, y, z, e que este ponto estaria entre os forames espinhosos. A argumentação para a escolha deste ponto pelo autor residiu em estar sua localização em regiões que apresentam crescimento quase total ainda em períodos precoces de vida, o que lhes daria maior estabilidade. Um plano sagital foi proposto e passava pelo ponto zero. O segundo plano proposto e em posição ortogonal ao primeiro, seria formado por outros dois pontos bilaterais, as bordas látero-superiores dos meatos auditivos externos direito e esquerdo. O objetivo principal deste estudo foi propor uma padronização de planos de referência que permitissem a superposição de imagens 3D e suas mensurações, para que o diagnóstico e plano de tratamento fossem completos.

Terajima et al (2008) apresentaram uma análise 3D do complexo craniofacial onde usou como referência inicial um plano axial formado por quatro pontos craniométricos, os pórios direito ($Po_{(d)}$) e esquerdo ($Po_{(e)}$) e os orbitais direito ($Or_{(d)}$) e esquerdo ($Or_{(e)}$). O Plano coronal foi gerado pelos pórios direito ($Po_{(d)}$) esquerdo ($Po_{(e)}$). Mensurações foram realizadas com o propósito de reconhecer modificações no complexo craniofacial antes e após cirurgia ortognática. Concluiu que seu protocolo pode ser utilizado para tal objetivo.

Chau et al (2010) sugerem um protocolo 3D para criar padrões de normalidade de mensurações em mandíbulas de homens e mulheres chinesas, fazendo uso da CTCB (figura 3.7.). Nas mensurações propostas pelo autor utilizam-se pontos craniométricos consagrados como condiliuns e gonions.

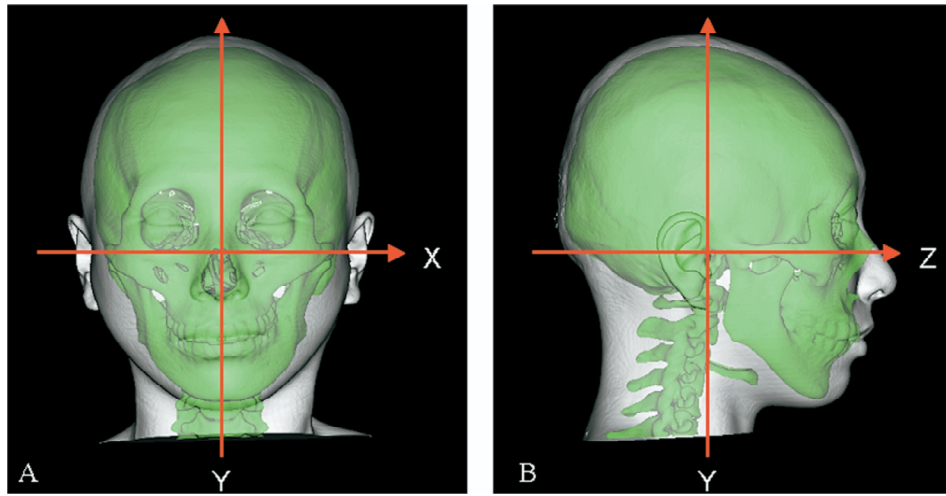


Figura 3.7. Protocolo 3D

Fonte: Terajima (2008)

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Amostra

Para a aplicação de um novo protocolo 3D tornar-se viável é necessário que TCs sejam realizadas e que as imagens geradas possam ser manipuladas. Então, a mostra deste estudo consistiu de dois arquivos de CTCB de uma mesma paciente tratada pelo autor deste estudo e obtidas em tempos diferentes. Estes arquivos foram requisitados como exame inicial e durante o tratamento ortopédico funcional. A primeira CTCB foi realizada no dia 28-02-2007. O tomógrafo utilizado para essa varredura foi o NewTom 3G[®]. O campo de visão foi de 13 centímetros e a matriz de 512 linhas por 512 colunas. O *pixel* apresentou 0,42 mm, obtidos com 110 kV (kilovoltagem). A miliamperagem (mA) não foi informada. A segunda CTCB foi realizada no dia 24-05-2008. O tomógrafo utilizado para a realização desta varredura foi o i-CAT . O campo de visão e a matriz foram respectivamente de 13 cm e 640 linhas por 640 colunas(640x640) . O *pixel* foi de 0,250 mm, obtidos com 120 kV e a mA de não foi informada.

4.2 Manipulação de Imagens

O arquivo de imagens originais obtidas pelas CTCB foram gravadas pelo *software* do tomógrafo, utilizando-se como formato de arquivo o DICOM[®]. Na sequência, os arquivos originais foram exportados para o *software InVesalius*. Este programa permitiu que as imagens recebessem tratamento através de uma ferramenta própria, o seu editor de fatias. O tratamento das imagens proporcionou a eliminação de grande parte dos ruídos presentes no arquivo. Uma estação de trabalho foi utilizada (Sun Multiprocessada - modelo ultra 40) para se gerarem as imagens volumétricas e as imagens MIP (*Maximum Intensity Projection*), (Cattaneo et al. 2008). Estas imagens podem ser geradas por reformatação, tanto em uma vista frontal (figura 4.2.a) como em uma vista lateral e em cada um dos arquivos tomográficos.

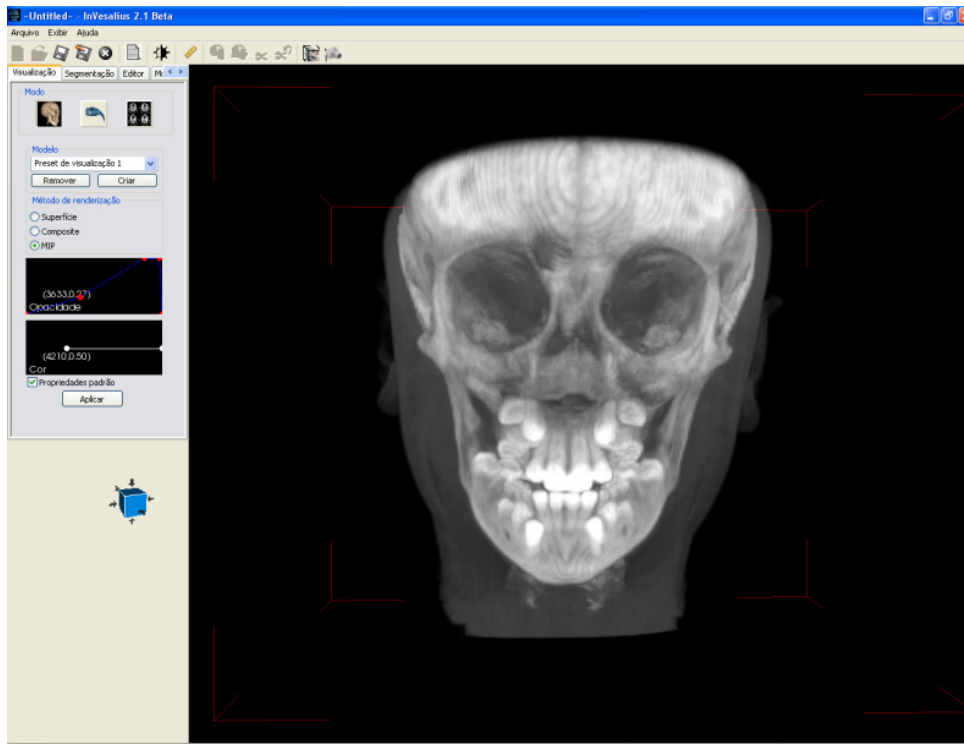


Figura 4.2.a. Imagem Frontal (MIP) gerada pelo *software InVesalius*

O *InVesalius* também permitiu a visualização das reconstruções multiplanares (figura 4.2.b) e ainda a geração dos arquivos STL dos volumes obtidos pelas Tomografias. A geração deste tipo de arquivo deve-se à necessidade de exportação das imagens 3D para o *software Rhinoceros 4.0*. Tal procedimento fez-se necessário para que planos de referência fossem gerados, possibilitando a realização de mensurações. Deve-se sempre examinar reconstruções ou cortes 2D para depois realizarem-se inspeções 3D.

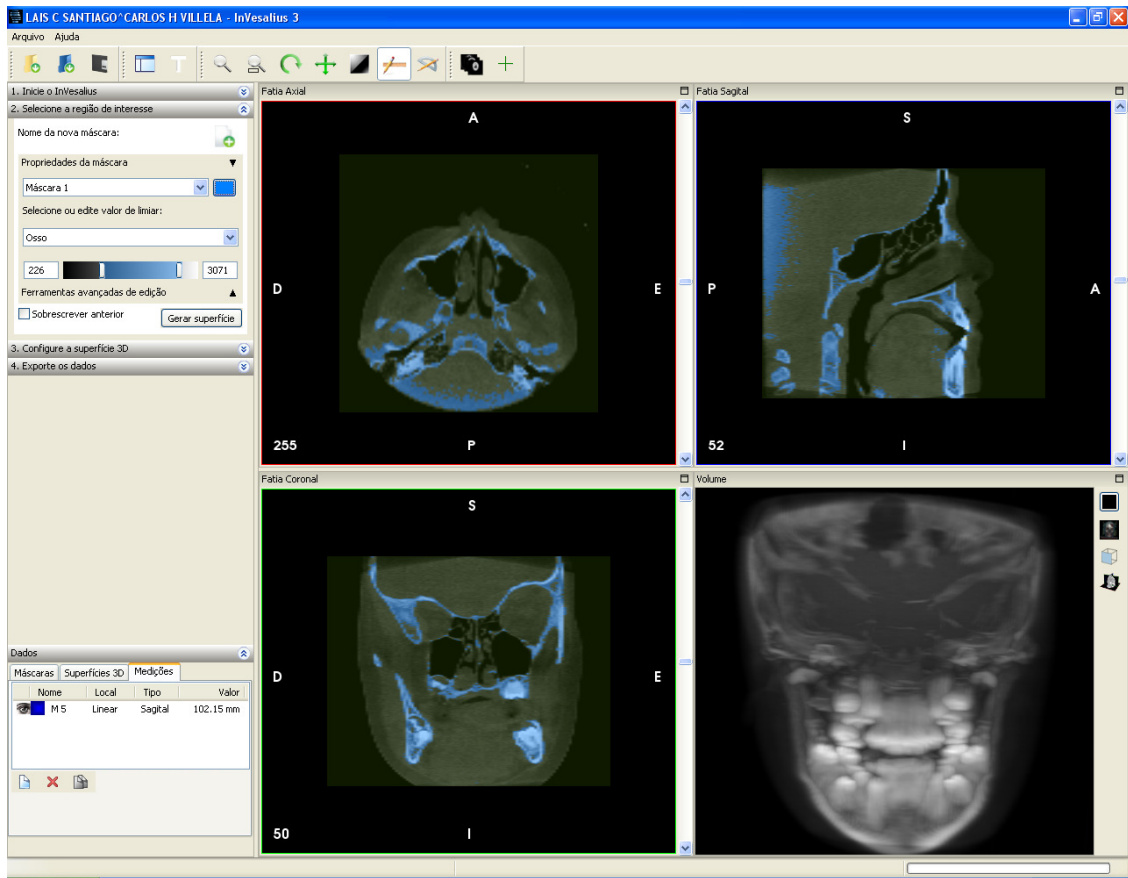


Figura 4.2.b. Imagem Frontal (MIP) gerada pelo *software InVesalius*

5 PROTOCOLO 3D PROPOSTO

O protocolo 3D proposto faz uso das ferramentas implementadas pelo *software Rhinoceros*[®] (versão 4.0) para a realização de inspeções cranioscópicas, para as mensurações craniométricas obtidas no biomodelo e superposição de imagens. O modelo 3D do crânio recebe o nome de biomodelo, e também pode ser chamado de biomodelo virtual. Este representa de forma fiel a anatomia do crânio da paciente.

Na cranioscopia, a manipulação da imagem 3D deve ser realizada em todas as direções possíveis, para que se realize um exame consistente. Para a área odontológica deve-se dar grande ênfase aos protocolos cranioscópicos nas normas laterais e facial, mas não se deve desprezar outros protocolos, tais como o axial.

A craniometria a ser realizada utilizará de um protocolo onde deverão ser marcados pontos craniométricos para se realizarem as mensurações lineares e angulares. Também para que planos de orientação possam ser gerados e inter-relacionados.

Três planos ortogonais entre si deverão ser gerados no biomodelo. O primeiro plano (fig. 5.1) a ser gerado é o plano sagital mediano (PSM), sendo este o plano base de referência deste protocolo. A marcação de três pontos anatômicos são necessárias para sua criação, e são elas:

- Sela óssea (So) - Ponto médio do assoalho da cavidade do osso esfenóide onde se aloja a glândula hipófise.
- Násio (Na) - Ponto mais posterior da curvatura entre o osso frontal e o osso nasal no plano médio sagital.
- Básio (Ba). - ponto mais anterior do forame *Magnum*.

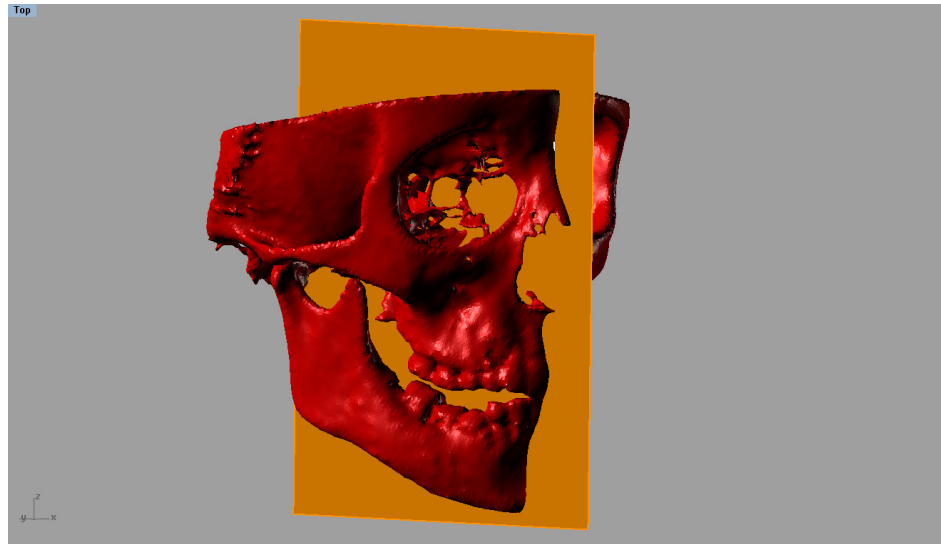


Figura 5.1. Plano sagital mediano

O segundo plano (fig. 5.2.) a ser gerado é o axial (PA). Este é ortogonal ao PSM e é gerado marcando-se dois pontos anatômicos, que são: Sela óssea (So) e Násio (Na). Soluções matemáticas (algoritmos) instaladas no software geram vários planos e seleciona o que mais ortogonal esteja ao PSM.

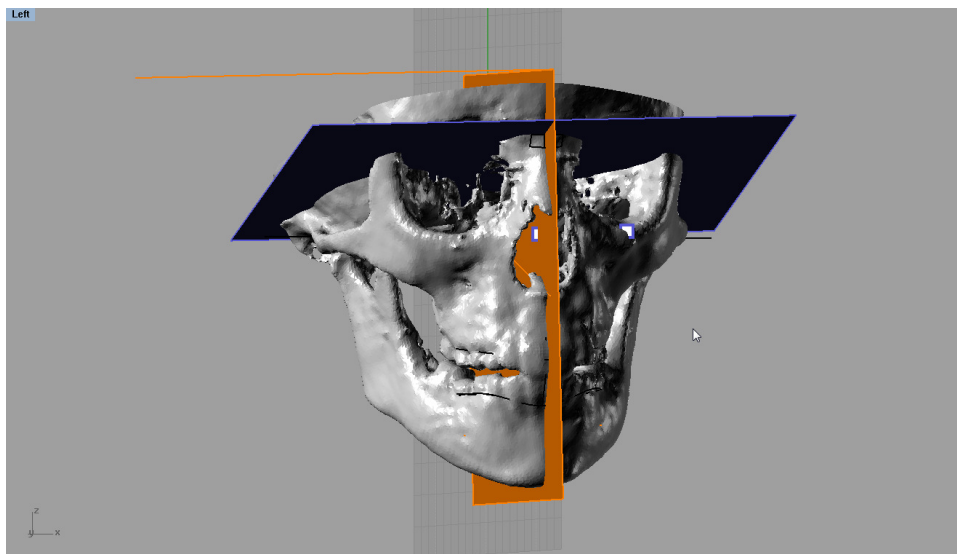


Figura 5.2. Plano sagital mediano e plano axial

O terceiro plano a ser gerado (fig.5.3.) é o coronal (PC). Na criação deste plano apenas um ponto anatômico é necessário, pois algoritmos são capazes de gerá-lo ortogonal aos outros dois planos implementados, marcando-se apenas um ponto anatômico. O ponto escolhido para a geração deste plano foi o Sela óssea (So). Este plano é ortogonal aos dois planos anteriores e, conseqüentemente, os três serão ortogonais entre si.

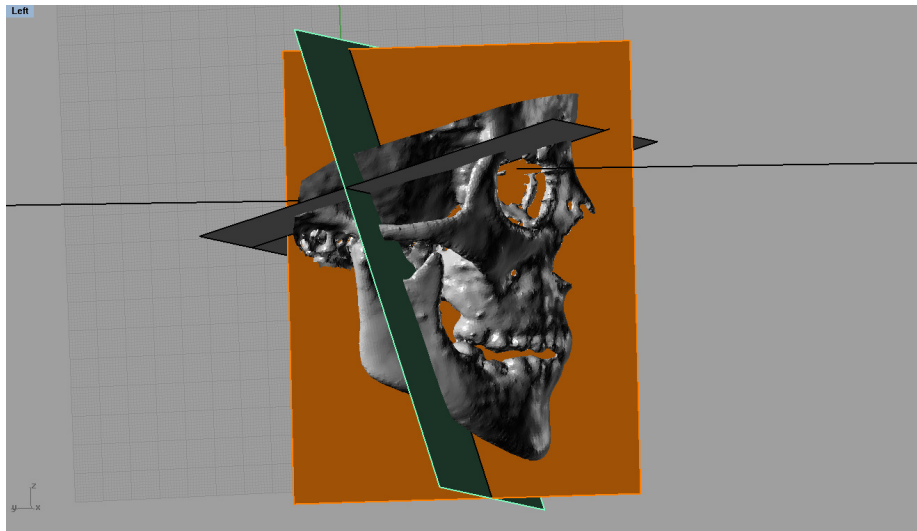


Figura 5.3. Plano sagital mediano, plano axial e plano coronal

Todos os planos foram gerados em cores distintas para uma melhor visualização dos mesmos.

Todos os pontos anatômicos utilizados para se gerar os planos estão na base craniana e no plano sagital mediano. O esfenoide foi o osso base de referência para a geração dos três planos propostos. Tal proposta deve-se à intenção de eliminar possíveis interferências de assimetrias entre pontos anatômicos bilaterais.

Alguns outros pontos anatômicos foram propostos para este protocolo, com o objetivo de se mensurar a assimetria facial.

Pontos Anatômicos Utilizados

Os pontos anatômicos são marcados através de ferramentas específicas que permitem a manipulação da imagem 3D. O biomodelo é delimitado por uma malha de triângulos e os pontos de referência são marcados nos vértices destes triângulos. Os pontos anatômicos necessários para a realização deste protocolo são os So-Na-Ba, pois são os pontos necessários para se gerar os os três planos bases de referência deste protocolo. Na teoria, qualquer ponto anatômico pode ser marcado na superfície da imagem 3D e a partir deles, se realizar mensurações nos três planos do espaço, pois os três planos bases realizam a função de referências sagital, axial e coronal. Alguns pontos anatômicos podem vir a ser marcados com este propósito, e são eles:

Colo - ponto médio vestibular na cervical do dente 53-----	C53
Colo - ponto médio vestibular na cervical do dente 54-----	C54
Colo - ponto médio vestibular na cervical do dente 55-----	C55
Colo - ponto médio vestibular na cervical do dente 63-----	C63
Colo - ponto médio vestibular na cervical do dente 64-----	C64
Colo - ponto médio vestibular na cervical do dente 65-----	C65
Colo - ponto médio vestibular na cervical do dente 73-----	C73
Colo - ponto médio vestibular na cervical do dente 74-----	C74
Colo - ponto médio vestibular na cervical do dente 75-----	C75
Colo - ponto médio vestibular na cervical do dente 83-----	C83
Colo - ponto médio vestibular na cervical do dente 84-----	C84
Colo - ponto médio vestibular na cervical do dente 85-----	C85
Colo - ponto médio vestibular na cervical do dente 16-----	C16
Colo- ponto médio vestibular na cervical do dente 26-----	C26
Colo- ponto médio vestibular na cervical do dente 36-----	C36
Colo- ponto médio vestibular na cervical do dente 46-----	C46
Incisivo Central Superior-----	ISc
Incisivo Central Inferior-----	IIC
Gonion direito-----	Go _(d)

Gonion esquerdo-----	Go _(e)
Gnátio-----	Gn
Condilium Direito-----	Cd _(d)
Condilium Esquerdo-----	Cd _(d)
Ponto A-----	A
Ponto B-----	B
Orbital Direito-----	Or _(d)
Orbital Esquerdo-----	Or _(d)

Mensurações

Algumas mensurações lineares podem ser realizadas como as alturas faciais já consagradas em protocolos 2D. A obtenção das mesmas advém de medidas lineares obtidas entre pontos craniométricos. As mensurações são realizadas entre os pontos anatômicos Na, ENA e Gn. Para a realização das mensurações, os biomodelos gerados receberam cores diferenciadas para que fossem reconhecidos com facilidade. O biomodelo gerado pela primeira TC recebeu a cor prata e o biomodelo gerado pela segunda TC recebeu a cor vermelha. O uso de duas TCs de um mesmo indivíduo e em um intervalo de tempo advém da intenção de se reconhecer, ou até mensurar modificações provocadas por terapias ou mesmo crescimento. Outras medidas lineares podem ser geradas, tais como:

- Largura do Corpo da Mandíbula

É a distância entre os Gônios direito e esquerdo entre si e em relação ao PSM.

- Profundidade do Corpo da Mandíbula

É a distância entre os Gônios direito e esquerdo ao Gnation.

- Altura do Corpo da Mandíbula

Lado_Direito: medição realizada do Go_(d) ao plano axial.

Lado_Esquerdo: Medição realizada do Go_(e) ao plano axial.

- Largura do Forame Mental

Lado_Direito: medida realizada do forame mental do lado direito até o PSM, formando com este um plano ortogonal.

Lado_Esquerdo: medida realizada do forame mental do lado esquerdo até o PSM, formando com este um plano ortogonal.

- Altura do Forame Mental

Lado_Direito: medida realizada a partir do forame mental do lado direito até o plano axial.

Lado_Esquerdo: medida realizada a partir do forame mental do lado esquerdo até o plano axial.

- Profundidade do Forame Mental

Lado_Direito: medida realizada a partir do forame mental do lado direito até o plano de Coronal.

Lado_Esquerdo: medida realizada a partir do forame mental do lado esquerdo até o plano de Coronal.

- Medidas dos pontos craniométricos orbitais entre si e em relação aos planos x, y e z.

O ponto Or, tanto esquerdo como direito, podem ter suas mensurações obtidas nas três dimensões espaciais e comparadas nas duas TCs.

- Comprimento da base craniana

Mensurar as distâncias entre Ba-So-Na e compará-las entre duas TCs poderá vir a mostrar mudanças na base craniana.

- Distância entre o pontos A e B

Esta medida já é consagrada em odontologia e pode ser obtida da mesma quando obtidas por telerradiográfica.

Desvio de Linha Média Dental Inferior

Marca-se o ponto IIC . A partir deste ponto, será traçada uma reta até o PSM formando um ângulo de 90 graus. Quando o desvio for para o lado direito considera-se o valor obtido positivo, quando para a esquerda é negativo.

Perímetro do Arco Inferior e do Arco Superior

Os perímetros de arcos dentais podem ser mensurados por meio da soma do comprimento das semirretas que passam pelos pontos dentais. Quando estas passarem pelos pontos C75, C73, I1c, C83 e C85 geram o perímetro inferior.

A soma do comprimento das semirretas que passam pelos pontos C55, C53, ISc, C63 e C5 geram o perímetro superior.

Caso haja a presença dos molares permanentes, estes devem ter a prioridade de representação ante os dentes decíduos.

O interesse de se traçar um perímetro oclusal nas duas TCs esta em poder compará-los posteriormente.

Medidas Angulares

Já se sabe que se pode marcar qualquer ponto craniométrico no biomodelo. Pode-se projetar semirretas, também pode-se mensurar ângulos entre elas. Um exemplo seria o ângulo formado pelo encontro das semirretas entre os pontos craniométrico A e B e o ponto Na.

Superposição de Imagens

A dificuldade, em craniometria, é saber extrair das mensurações obtidas o que elas querem ou podem representar. Uma forma ampliada de entendimento é relacionar os dados obtidos pela craniometria com a percepção gerada pela cranioscopia. Caso se tenha duas TCs de um mesmo indivíduo e obtidas em épocas diferentes pode-se melhorar ainda mais este entendimento, lançando mão da superposição de imagens (TERAJIMA ET AL, 2008).

A superposição de imagens tem sido usada para qualificar mudanças anatômicas do complexo craniofacial advindas de terapêuticas cirúrgicas e ortodônticas em indivíduos adultos (CEVIDANES ET AL, 2005; TOKAREWICZ ET AL, 2007). Para a execução do protocolo proposto de superposição de imagens, alguns passos são necessários. Os planos sagital, axial e coronal são gerados em ambas as imagens 3D (fig. 5.4 e fig.5.5). Na sequência superpõem-se os modelos. Primeiro os pontos “So” são superpostos, e na sequência o PSM das duas TCs. Seguindo, sobrepõe-se o PA das TC(s), sendo então sobrepostos todos os pontos “So”, incluindo o do PC (fig.5.6).

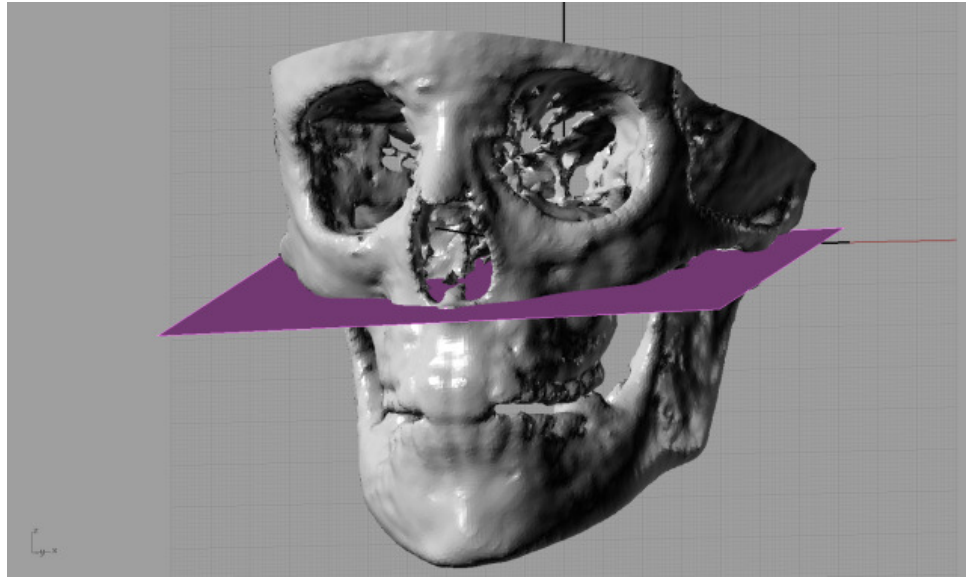


Figura 5.4. Primeira tomada tomográfica

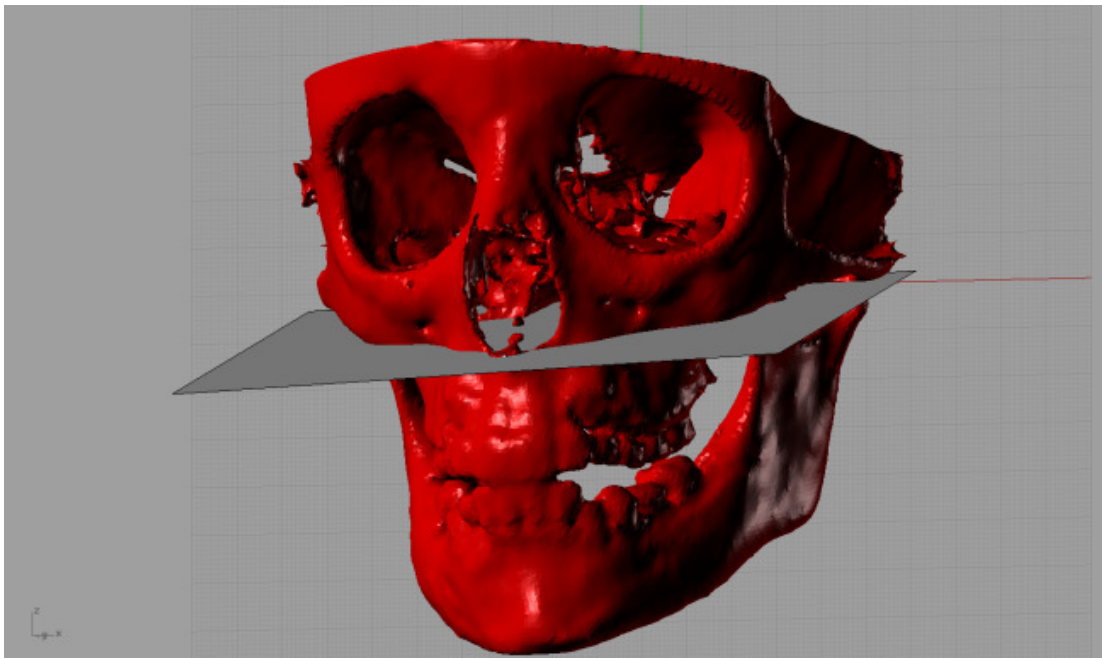


Figura 5.5. Segunda tomada tomográfica

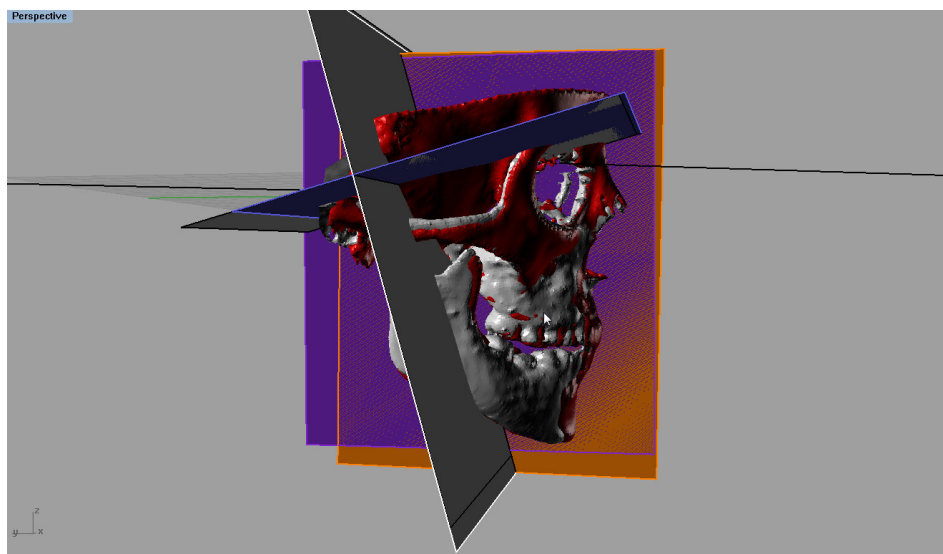


Figura 5.6. Superposição dos planos de referência

Este recurso propicia visualizar modificações anatômicas ocorridas entre as duas tomadas tomográficas (fig.5.7.). Para que tal objetivo seja alcançado, todos os recursos da técnica cranioscópica devem ser explorados. Assimetrias menos evidentes são mais bem compreendidas através desta, quando comparada à técnica craniométrica. Um detalhe bastante relevante é que mensurações podem ter valores muito próximos, mas podem estar deslocadas em relação aos planos tridimensionais. As técnicas cranioscópica e craniométrica são complementares uma à outra.

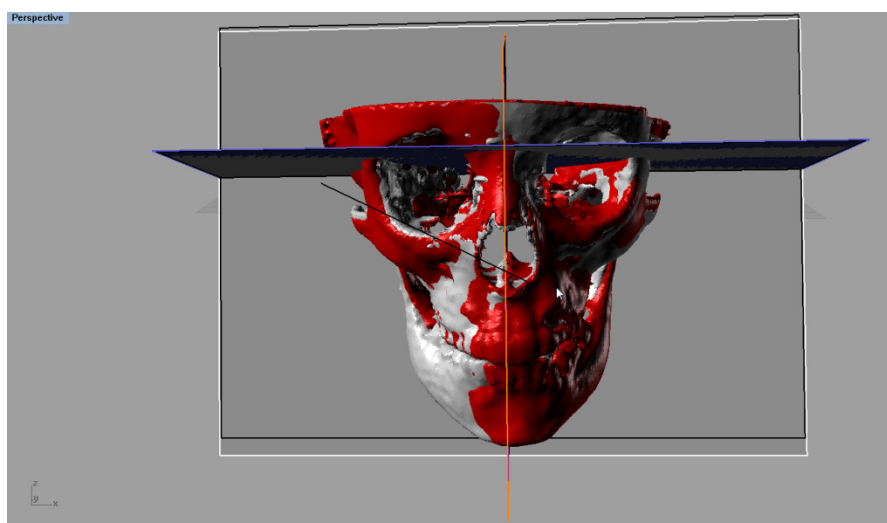
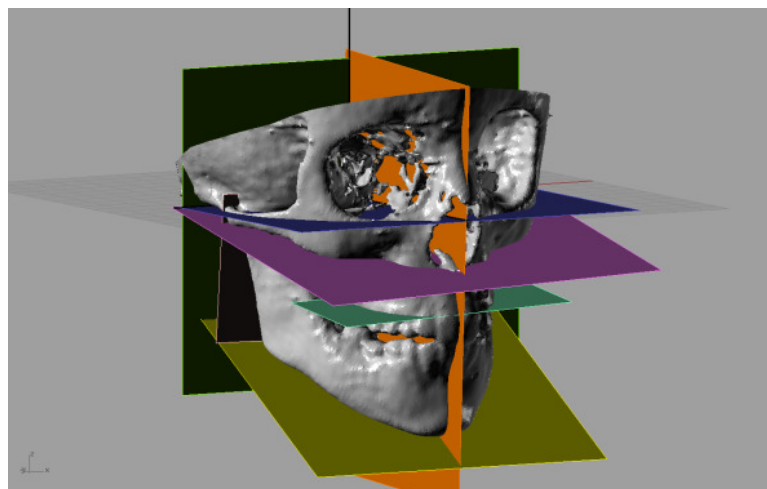
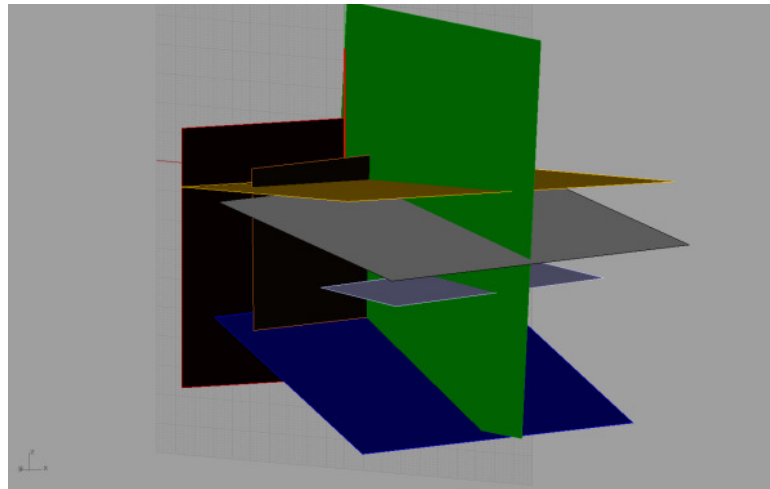
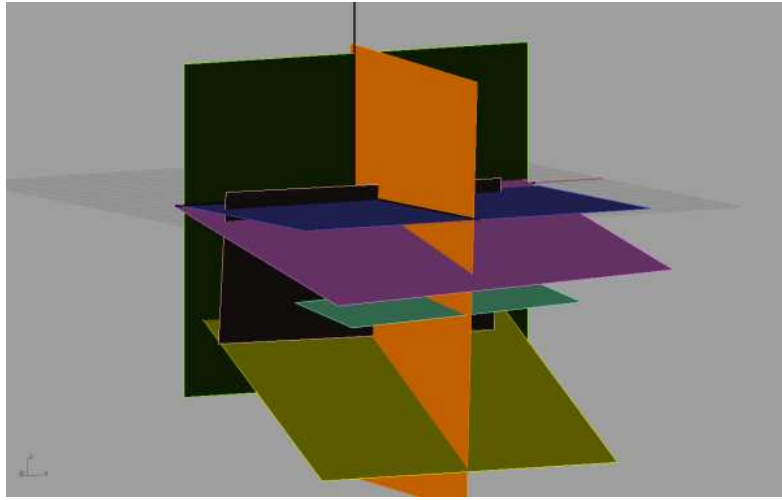


Figura 5.7. Modificações observadas entre duas tomadas tomográficas

O *software Rhinoceros* possui ferramentas que permitem a geração de outros planos craniométricos para que os mesmos possam ser relacionados com o plano de referência inicial (PSM). O intuito desse processo é reconhecer rotações destes últimos planos craniométricos que utilizam pontos anatômicos bilaterais e que teoricamente deveriam ser simétricos entre si (figs.5.8). Ferramentas específicas deste software também permitem que a imagem 3D do crânio seja “apagada” e somente os planos sejam relacionados. Este recurso pode permitir que rotações sejam localizadas e até mesmo que assimetrias sejam reconhecidas. Importante ressaltar que em matemática um plano é gerado a partir de três pontos e este conceito está presente na proposta deste protocolo.





Figuras 5.8. Superposição de imagens dos biomodelos com planos craniométricos secundários.

6 RESULTADO

A craniometria vem a complementar a cranioscopia. Mensurar distâncias de qualquer ponto craniométrico em relação aos eixos x,y e z (PSM-PA-PC) é possível. Então, para que as mudanças cranioscópicas sejam quantificadas mensurações devem ser realizadas na área de interesse. Algumas medidas craniométricas já consagradas em protocolos cefalométricos foram realizadas no intuito de testar sua viabilidade. São elas:

Alturas Faciais	Modelo Prata	Modelo Vermelho
Altura Facial Total – Na a Gn	111.40mm	111.63mm
Altura Facial Superior – Na a ENA	49.73mm	50.36mm
Altura Facial Inferior – ENA a Gn	61.46mm	62.34mm
Largura do Corpo da Mandíbula		
Distancia entre $Go_{(d)}$ e $Go_{(e)}$	82.71mm	83.83mm
Distancia entre $Go_{(d)}$ ao PSM	43.29mm	42,00mm
Distancia entre $Go_{(e)}$ ao PSM	39.32mm	41.89mm

Profundidade do Corpo da Mandíbula		
Lado direito $Go_{(d)}$ a Gn	76.25mm	77.59mm
Lado esquerdo $Go_{(e)}$ a Gn	77.86mm	78.90mm

Largura do Forame Mental		
Forame Mental _(d) à PSM	22.08mm	24.01mm
Forame Mental _(e) à PSM	22.79mm	24.51mm

Desvio da Linha Média Dental Inferior

	Modelo Prata	Modelo Vermelho
	0.32mm	0.11mm

Perímetro do Arco Inferior e do Arco Superior

A soma do comprimento das semirretas que passam pelos pontos C75, C73, I1c, C83 e C85 geram o perímetro inferior.

A soma do comprimento das semirretas que passam pelos pontos C55, C53, ISc, C63 e C5 geram o perímetro superior.

Caso haja a presença dos molares permanentes, estes devem ter a prioridade de representação.

	Modelo Prata	Modelo Vermelho
Superior	88.34mm	68.51mm
Inferior	88.28mm	66.17mm

As semirretas também podem ser representadas no modelo 3D (fig.6.1.) e também podem ser representadas com a imagem 3D do crânio apagada (fig.6.2.)

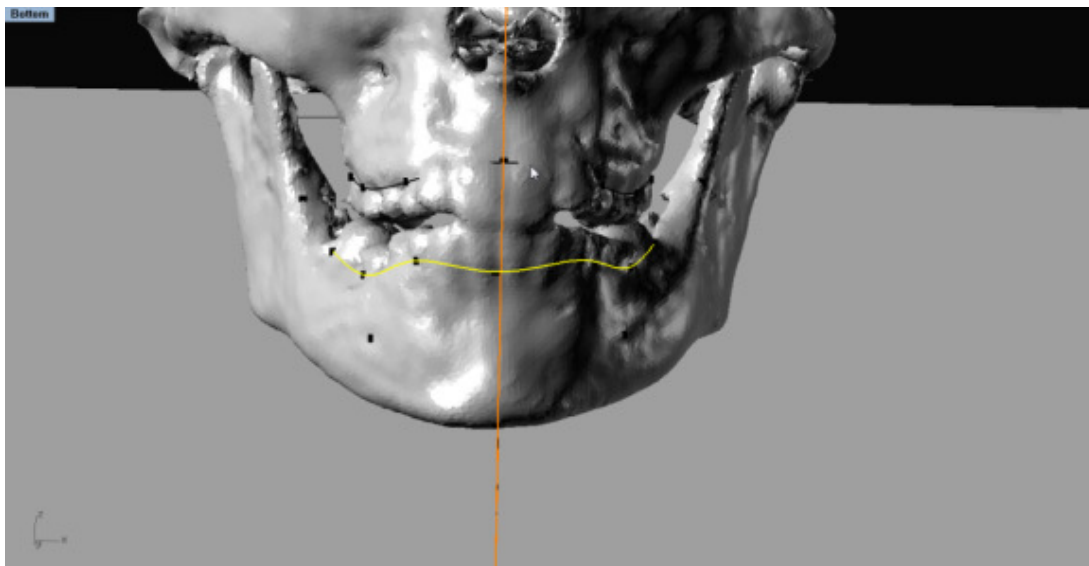


Figura 6.1. Visualização de semirretas que representam o plano oclusal.

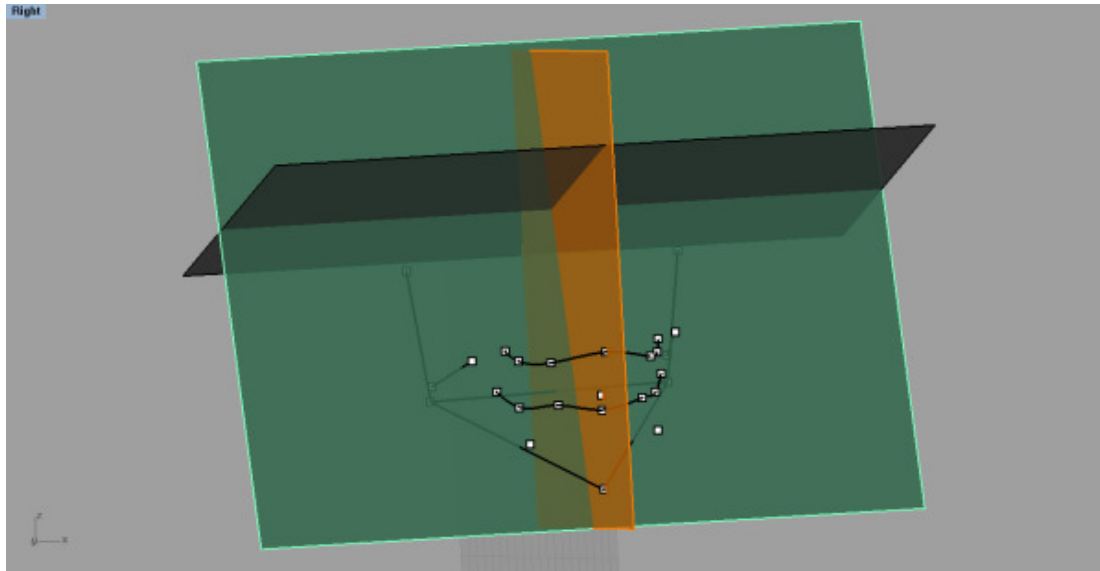


Figura 6.2 . Visualização de semirretas que representam o plano oclusal.

Medidas Angulares

As ferramentas instaladas no *software Rhinoceros* também permitem a mensuração de ângulo (fig. 6.3.). Algumas mensurações angulares já consagradas em odontologia foram realizadas. São elas:

- Ângulo formado pelo Plano Mandibular (PM) e Plano Palatino (PP)

Modelo Prata	Modelo Vermelho
23.27°	23.38°

- Ângulo formado pelos PP e PC

Modelo Prata	Modelo Vermelho
82.96°	83.41°

- Ângulo formado entre o incisivo central superior mais vestibularizado (longo eixo) e o incisivo inferior mais vestibularizado (longo eixo).

Modelo Prata	Modelo Vermelho
155.77°	154.07°

- Ângulo formado pelo incisivo Central inferior mas vestibularizado e o PM.

Modelo Prata	Modelo Vermelho
84.99°	83.34°

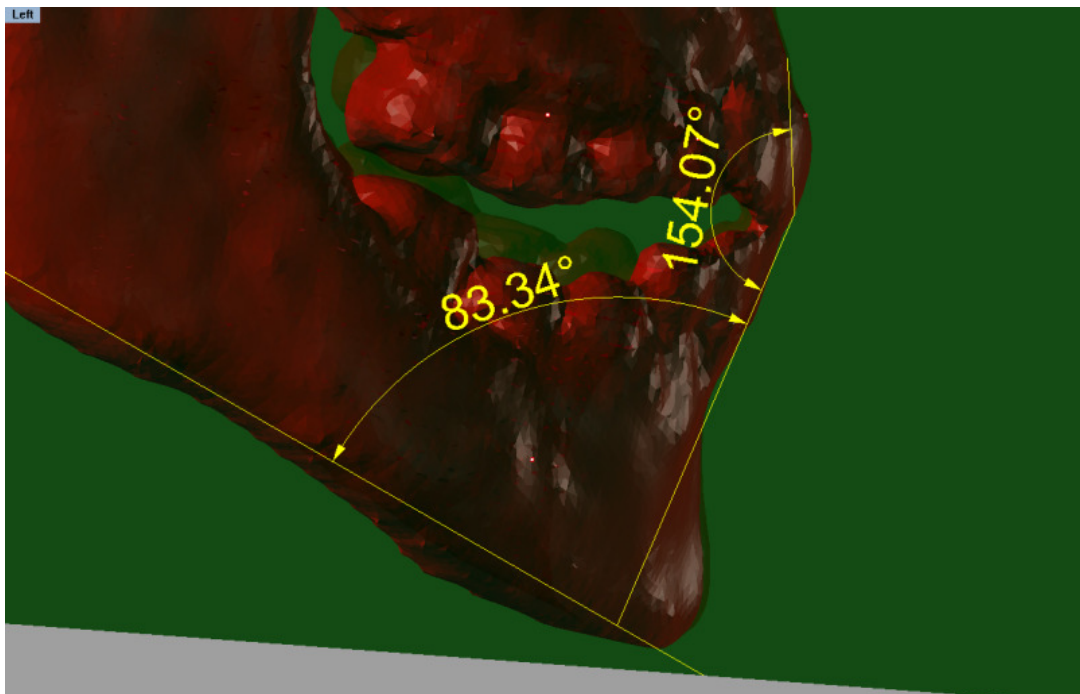


Figura 6.3. Ângulo do incisivo com o PM e ângulo interdental (segunda TC)

Medidas Palatinas Lineares

- Largura palatina:

	Modelo Prata	Modelo Vermelho
Ponto C55 ao PSM	24.75mm	24.49mm
Ponto C53 ao PSM	17.03mm	17.20mm
Ponto C63 ao PSM	23.53mm	17.33mm
Ponto C65 ao PSM	26.27mm	25.74mm
Ponto ISc com C16	43.65mm	32.08mm
Ponto ISc com C53	19.28mm	18.90mm
Ponto ISc com C63	20.26mm	21.22mm
Ponto ISc com C26	44.69mm	34.20mm

7 DISCUSSÃO

A face de um determinado indivíduo é única, o que significa que nunca existiu e também nunca deverá existir outra face igual. Apesar das poucas e delicadas estruturas que se agrupam para formar a face, o cérebro humano é capaz de reconhecer pequenas mudanças de forma, largura, proporções e contorno. Tal fato faz com que se possa reconhecer entre uma face e outra. Qualquer especialidade, na área de saúde, deve ter como foco principal a prevenção de doenças ou o seu tratamento precoce, objetivando-se promover melhores condições de vida ao indivíduo (CAVALCANTI ET AL, 2004; CEVIDANES ET AL, 2005; MASUOKA ET AL, 2007). Torna-se assim de grande importância o uso dos exames complementares no diagnóstico da assimetria facial (ROSSI ET AL, 2003; SANTOS ET AL, 2003; HATCHER ET AL, 2004; CARLINI ET AL, 2005; KATSUMATA ET AL, 2005; AZEVEDO ET AL, 2006; DECKER ET AL, 2006; KWON ET AL, 2006; BATISTA ET AL, 2007; HWANG ET AL, 2007; MASUOKA ET AL, 2007; SEZGIN ET AL, 2007; CATTANEO ET AL, 2008; ELSLANDE ET AL, 2008; TERAJIMA ET AL, 2008;). Indivíduos simétricos, ao exame físico, podem não sê-los ao exame radiográfico e isto deve ser cuidadosamente avaliado (AZEVEDO ET AL, 2006).

Os exames de imagens mais utilizados em odontologia são os que fazem uso das técnicas bidimensionais (AZEVEDO ET AL, 2006; DECKER ET AL, 2006; JANSON ET AL, 2007; LEE ET AL, 2007; ABRÃO ET AL, 2008; CATTANEO ET AL, 2008; ELSLANDE ET AL, 2008; HASHIMOTO ET AL, 2008; LAGRAVERE ET AL, 2008; TERAJIMA ET AL, 2008; ABRÃO ET AL, 2009; OLIVEIRA ET AL, 2009; VAN VLIJMEN ET AL, 2009). Já é sabido que técnicas radiográficas convencionais incorporam erros inerentes à técnica (GOLDREICH ET AL, 1998; CAVALCANTI ET AL, 2000; DECKER ET AL, 2000; MINNS ET AL, 2003; HALAZONETIS ET AL, 2005; HEIMISDOTTIR ET AL, 2005; BATISTA ET AL, 2007; HABERSACK ET AL, 2007; CATTANEO ET AL, 2008; ELSLANDE ET AL, 2008; TERAJIMA ET AL, 2008; VJIMEN ET AL, 2009), e além disso, estão sujeitas ao correto posicionamento do paciente (HILGERS ET AL, 2005; KATSUMATA ET AL, 2005; LEE ET AL, 2007; IKEDA ET AL, 2009; VAN VLIJMEN ET AL, 2009). Também sabe-se que não são técnicas confiáveis para quantificar mudanças pré e pós tratamentos (ADAMS ET AL, 2004; ELSLANDE ET AL, 2008). Um outro erro inerente a esta técnica é representar estruturas

tridimensionais de forma bidimensional (HARREL ET AL, 2002; ADAMS ET AL, 2004; VAN VLIJIMEN ET AL, 2009).

Kiki et al (2007) analisaram a assimetria de mandíbulas fazendo uso da ortopantomografia, observando também assimetrias em oclusões patológicas. Elslandes et al (2008) fizeram uma revisão sistemática do uso da ortopantomografia no diagnóstico da assimetria facial concluindo que esta técnica não é segura para este fim, por apresentar uma grande distorção e ainda ser dependente de um correto posicionamento do paciente. Ainda concluíram que distorções são maiores em mensurações horizontais e angulares, quando comparadas às mensurações verticais. Ressalvam, ainda, que limitações desta técnica, quando de sua utilização no diagnóstico da assimetria facial, devem ser reconhecidas.

Park et al (2006) relataram que na imagem de telerradiografia lateral é muito difícil se fazer a distinção entre os lados direito e esquerdo do paciente devido à sobreposição dos mesmos. Relatou ainda que a variação do posicionamento da cabeça do paciente promove mais distorção da imagem e que deformidades na face média são de difíceis reconhecimento. Na telerradiografia frontal a sobreposição de imagens também acontece e é isso o que torna difícil a localização de estruturas anatômicas que estejam em um mesmo plano sagital (PASLER ET AL, 2001).

As técnicas de captura de imagens 3D tem mostrado grande potencial para complementar ou até mesmo substituir as técnicas 2D (CAVALCANTI ET AL, 2000; MINNS ET AL, 2003; ADAMS ET AL, 2004; CAVALCANTI ET AL, 2004; HATCHER ET AL, 2004; HEIMISDOTTIR ET AL, 2005; HILGERS ET AL, 2005; KATSUMATA ET AL, 2005; GARIB ET AL, 2007; HONEY ET AL, 2007; MOSHIRI ET AL, 2007; SALES ET AL, 2007; CATTANEO ET AL, 2008; LAGRAVERE ET AL, 2008; SURI ET AL, 2008; WEISSHEIMER ET AL, 2008; IKEDA ET AL, 2009; OLIVEIRA ET AL, 2009). Corroboram com essa afirmativa o fato da TC poder fornecer dados mais seguros que os fornecidos pelos exames convencionais (ADAMS ET AL, 2004; CAVALCANTI ET AL, 2004; CATTANEO ET AL, 2008; SILVA ET AL, 2008; SURI ET AL, 2008). Para que esta verdade prevaleça é necessário seguir um protocolo de análise de imagens, onde em um primeiro momento são analisadas as reconstruções multiplanares e somente depois a imagem 3D venha a ser analisada (CAVALCANTI ET AL, 2000). Tal procedimento evita falhas no diagnóstico como um todo. Quando um exame complementar fornece ao clínico maior chance de observação, sua responsabilidade de realizar

um diagnóstico mais preciso aumenta na mesma proporção. Exemplificando tal fato, Villela et al. (2007) estudando o uso da TC como recurso auxiliar no diagnóstico da anquilose mandibular identificaram e demonstraram, além da patologia apresentada pela articulação temporo-mandibular, que também as vias aéreas superiores apresentavam deformidades anatômicas que não seriam facilmente observadas por técnicas radiográficas convencionais (HARTCHER ET AL, 2004). Esta evidência mostra que, o Cirurgião Dentista que fizer a opção pelo uso da TC deverá estar apto a reconhecer pelo menos algumas patologias que não estejam no rol de sua especialidade.

Para o cumprimento dos objetivos traçados deste estudo, fazia-se necessária a utilização de *softwares* adaptados para uso médico, e que possuíssem ferramentas de alto grau de sofisticação. O alto custo das licenças destes *softwares* tornaram seu uso inviável. Uma boa opção para não esbarrar no empecilho “custo” foi o desenvolvimento do *software Invesalius*. Sua concepção foi a de um software livre, desenvolvido no Centro de tecnologia da Informação Renato Archer (Campinas - SP- Brasil). Santa Bárbara (2006) em sua tese de doutoramento detalhou sua concepção e utilidade. Hoje, este software é de domínio público (www.softwarepublico.gov.br). O *InVesalius* tem como recursos a capacidade de: permitir visualização de imagens 2D e 3D em uma mesma janela e, principalmente, em uma única imagem. Também pode segmentar, aplicar técnicas de extração de contorno e interpolação, gerar imagem MIP e também exportar dados em formato STL. Todos esses recursos são de extrema importância para diagnóstico e documentação de procedimentos cirúrgicos, mas ainda não puderam suprir todas as necessidades impostas para a realização deste estudo. A geração de imagens MIP (HEIMISDOTTIR ET AL, 2005) oriundas de CTCB podem não ser seguras para substituir as telerradiografias, quando estas são utilizadas em análises cefalométricas. Tal fato deve-se a este tipo de imagem poder não apresentar visualizações adequadas de alguns pontos anatômicos necessários para a aplicação de alguns protocolos 2D (CATTANEO ET AL, 2008). Sendo assim, melhores avanços em captura e reformatação de imagens devem ser incorporadas aos softwares permitindo que análises cefalométricas sejam realizadas.

O *software* proprietário escolhido para cumprir a parte restante necessária para a realização deste estudo foi o *Rhinoceros* (versão 4.0 - empresa Robert McNeel & Associates). Reside esta escolha na gama de ferramentas necessárias, e já implementadas, para o

desenvolvimento do protocolo proposto. Estas ferramentas são adaptadas para lidar com arquivos de formato 3D chamados STL, o que facilita operações como o posicionamento, giro da imagem e criação de planos sobre pontos de referência. Funções implementadas e essenciais para o cumprimento do objetivo proposto são: realizar a marcação de quaisquer pontos sobre a geometria 3D do crânio, possibilitar a geração de planos de referência, obter mensurações craniométricas lineares e angulares relacionadas a quaisquer planos de referência especificados. Todo o trabalho de criação de um plano axial e de um plano coronal depende da criação de um plano sagital que seja o mais estável possível. A criação de um plano sagital como referência inicial deve-se a, teoricamente, dividir um crânio simétrico em duas partes iguais. A opção de não se utilizarem como referências iniciais planos que incluam pontos bilaterais é aconselhável, pois estes podem estarem assimétricos e desta forma incorporar maior erro à análise proposta. Crânios assimétricos podem apresentar pontos craniométricos pares fora de um eixo axial ideal, comprometendo a formação de outros planos ortogonais que os tenham como referência. Estes argumentos reforçam o uso de um plano vertical mediano como referência inicial.

O osso esfenóide é de grande importância no crescimento do complexo craniofacial (KIM ET AL, 2003). Várias análises cefalométricas o utilizam como referência devido a uma relativa facilidade de visualização pelas técnicas radiográficas convencionais (KIM ET AL, 2003). Guerrero et al (1999) e Vidic et al (1968) descrevem sobre o grau desprezível de assimetria apresentado por este osso. Além disso, apresenta localização anatômica limítrofe entre a face e o crânio. Apresenta, também, crescimento regular e tem a forma anatômica definida já em períodos precoces de vida. Mesmo assim alguns fatores podem contribuir para a assimetria do deste osso, tais como a pressão intra-uterina e o crescimento anormal do cérebro (KIM ET AL, 2003). Devemos estar atentos a este fato. Outra justificativa, a importância deste osso como referência em protocolos tridimensionais reside no fato de ser reconhecido tanto nas TL e TF, como também na técnica submento-vértix. Estas técnicas radiográficas são utilizadas em conjunto para uma representação tridimensional do complexo craniofacial (KIM ET AL, 2003).

A superposição de imagens 2D já vem sendo usada na odontologia (PALOMO ET AL, 2005; TOKAREWICZ ET AL, 2007; PEREIRA ET AL, 2011), para verificação da qualidade da resposta ao tratamento. Já a superposição de imagens 3D do mesmo indivíduo obtidas em tempos distintos tem sido usada para analisar mudanças na morfologia craniofacial

(CEVIDANES ET AL, 2005; UECHI ET AL, 2006). A superposição pode gerar parâmetros para qualificar as mudanças craniofaciais obtidas durante o crescimento e pós-tratamentos, sejam eles cirúrgicos ou não. Regiões específicas do complexo craniofacial onde ocorreram mudanças podem ser localizadas e mensuradas. A imagem superposta pode ser manipulada e também seccionada, favorecendo um reconhecimento intuitivo da região anatômica onde remodelações se fizeram presentes. Isso não é tão facilmente reconhecido pelo uso só de técnicas 2D.

Uechi et al (2006) relataram que exames cefalométricos e modelos das arcadas dentárias são insuficientes para um bom planejamento cirúrgico, principalmente se grandes assimetrias estiverem presentes. Para que haja um bom planejamento, o uso da superposição de modelos pode ser indicado principalmente por este método já estar consolidado em medicina (UECHI ET AL, 2006). A utilização de imagens obtidas por métodos de captura 3D (CEVIDANES ET AL, 2005; SURI ET AL, 2008;) e de modelos das arcadas dentais digitalizados tem sido matéria prima para a aplicação de protocolos tridimensionais (UECHI ET AL, 2006).

Como objetivo secundário deste trabalho, então, está a proposta de um protocolo de superposição de imagens. O objetivo deste procedimento é detectar assimetrias e mudanças craniofaciais decorrentes do crescimento (ENLOW ET AL, 1993; SILVA ET AL, 2006) ou de terapias, sabendo que as RC não são apropriadas para tal (UECHI ET AL, 2006). A técnica de cranioscopia (PEREIRA ET AL, 1979) deve ser explorada, em cada imagem 3D e também após a superposição das imagens. O plano de referência inicial para o exame craniométrico foi o PSM. Os planos utilizados para guiar esta superposição de imagens foram o PSM, o PA e o PC de ambas as imagens e o ponto de interseção foi o ponto "So". A baixa resolução das imagens tomográficas dificultam que a marcação de pontos anatômicos localizados nas superfícies oclusais dentais sejam realizados com segurança (UECH ET AL, 2006), o que dificulta o uso de representações dentais em protocolos obtidos por TC. Referências mais sólidas para qualificar mudanças poderão ser estabelecidas assim que pontos ou planos de superposição venham a se tornar de uso universal.

Um protocolo craniométrico foi aplicado em cada imagem tomográfica gerada propiciando dados quantitativos da assimetria facial em regiões específicas do crânio 3D. Esta quantificação por si só pode não ser suficiente para um diagnóstico seguro. A compreensão dos dados quantitativos obtidos e aliados aos dados qualitativos fornecidos por um protocolo de

superposição de imagens e análise dos planos de referência podem ampliar a compreensão do profissional em relação a um diagnóstico ou de uma resposta a tratamentos realizados.

As mensurações obtidas nas duas TCs foram realizadas de acordo com o protocolo proposto. As alturas faciais obtidas poderiam ser válidas para que se obtivessem algumas conclusões, mas isso não correu pelo fato de os dentes não encontrarem-se em posição de máxima intercuspidação (PEREIRA ET AL, 2009). Caso assim não fosse, os dados poderiam mostrar a proporcionalidade das alturas e estes dados poderiam ser analisados como nos protocolos 2D existentes, porque apresentariam alterações insignificantes nas mensurações (ACCORSI ET AL, 2007). A mesma linha de raciocínio vale para o ângulo interincisivos e para a projeção do ponto A e ponto B no plano oclusal em relação às imagens não terem sido capturadas em máxima intercuspidação dental.

Outra forma de se observar a simetria, ou assimetria, do complexo craniofacial é através dos planos craniométricos traçados. Para que isso seja mais bem visualizada e gere melhor entendimento, a imagem do biomodelo pode ser removida deixando somente os planos representados para serem avaliados. Os dados obtidos podem ser interpretados junto às mensurações craniométricas e aos dados extraídos da superposição de imagens das TCs. Este protocolo poderá favorecer compreensão ampliadas de diagnóstico.

Um fator importante que justifica todos os esforços para reconhecer a assimetria facial e as mudanças ocorridas no complexo craniofacial através do tempo ou até mesmo após a aplicação de terapias é a possibilidade de poder localizá-las. Saber quais regiões sofreram maior ou menor quantidade de remodelação óssea, pode ser de grande valia para um melhor esclarecimento de algumas teorias do crescimento e poder melhor explicá-las (CEVIDANES ET AL, 2003).

A dosimetria dos CTCB tem sido estudada (MAH ET AL, 2006; ACCORSI ET AL, 2007) e os trabalhos (FLORIA ET AL, 2007; SILVA ET AL, 2008) destacam comparações entre tomógrafos (*NewTom 3G*, *i-CAT* e *Mercuray*). Os resultados mostram que a variação da dosagem de radiação emitida está atrelada à marca do tomógrafo, ao FOV (campo de visão), e a fatores técnicos específicos como a miliamperagem (mA) e a kilovoltagem (kV). O tomógrafo *NewTom* foi o que menor radiação produziu quando os outros fatores permaneceram estáticos. A diminuição do FOV, da mA ou da kV gera diminuição da radiação emitida na varredura tomográfica. Este fato pode justificar um protocolo com tempo diminuído para a captura da

imagem do paciente, em casos clínicos com finalidade ortodôntica. O protocolo ortodôntico que se utiliza da ortopantomografia, TL e TF (HILGERS ET AL, 2005) pode ser substituído por um protocolo tomográfico que faça uso de um FOV de 12” e que utilize um menor tempo de captura da imagem, ou seja, em torno dos 10 segundos. Tomando-se estes cuidados nenhum dano adicional será causado ao paciente. O FOV preconizado para este protocolo tem o objetivo de captar a imagem que envolva o ponto craniométrico Násio e a região da 4ª vértebra cervical. Esta última região deve ser incorporada à captura de imagem também por permitir que avaliações de crescimento possam ser realizadas.

As imagens radiográficas obtidas através das RC trazem distorções inerentes à técnica. As mensurações realizadas nestas imagens carregam consigo as magnificações e demagnificações que estas técnicas proporcionam. As magnificações já são relatadas com frequência. Já as demagnificações não são normalmente relatadas. Accorsi et al (2007) mostram em seu estudo que medidas lineares obtidas em TL que envolvam dois pontos craniométricos que não estejam em um mesmo plano sagital podem sofrer demagnificações. As imagens MIP obtidas através da TC podem proporcionar recursos para que análises cefalométricas sejam realizadas sem alterações significativas de resultados desde que todos pontos anatômicos necessários à análise possam ser identificados (FARMAN ET AL, 2005; CATTANEO ET AL, 2008).

Usar as mensurações consagradas em protocolos 2D convencionais em imagens 3D, sem gerar novo entendimento sobre as mesmas, pode comprometer um diagnóstico (HALAZONETIS ET AL, 2005). Por outro lado, sua utilização em imagens 2D reformatadas é essencial para se diminuir a curva de aprendizagem nos casos de TC (FLORIA ET AL, 2007; VAN VLIJIMEN ET AL, 2009). A visualização e manipulação da imagem 3D em conjunto com as imagens 2D e suas análises cefalométricas reduzem a possibilidade de erro no diagnóstico (HALAZONETIS ET AL, 2005; VAN VLIJIMEN ET AL, 2009). Isso ocorre devido a uma melhor compreensão das estruturas craniofaciais tridimensionais que esta técnica proporciona. Esta fase de transição necessita de atenção especial, quando vários protocolos 3D estão sendo propostos. Apesar de diversas propostas de análises 3D já terem sido propostas, nenhuma teve ainda seu uso difundido em odontologia (HALAZONETIS ET AL, 2005).

A grande dificuldade imposta por protocolos de superposição de imagens 3D reside na dificuldade operacional e na dificuldade de aplicação de planos de referência que não sofram

modificações com o tempo. Tais dificuldades somente proporcionam que estes métodos sejam utilizados com segurança para diagnóstico em pacientes adultos, tornando-se não tão seguros para pacientes em fase de desenvolvimento, isso até que planos de referência seguros estejam estabelecidos.

8 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA PRÓXIMOS TRABALHOS

A proposta e validação de protocolos 3D são uma necessidade para a odontologia.

Um protocolo 3D que faça uso das técnicas de cranioscopia, craniometria, superposição de imagens e o estudo do inter-relacionamento de planos craniométricos pode vir a facilitar o entendimento da assimetria facial.

Conclui-se que:

O protocolo 3D proposto pôde quantificar variações de mensurações entre pontos craniométricos bilaterais. Apesar disto, não se pode definir estas variações como assimetria, pois não se tem parâmetros validados para isso.

O protocolo proposto para a superposição de imagens 3D pode vir a favorecer o entendimento de modificações sofridas pelo complexo craniofacial durante períodos de remodelação óssea.

Protocolos 3D devem ser propostos e validados para uma melhor compreensão do complexo craniofacial.

Como proposta de trabalhos futuros pode-se:

- 1- Validar o protocolo 3D proposto
- 2- Aplicá-lo no diagnóstico de casos clínicos e em avaliações de crescimento

REFERÊNCIAS

ABRÃO, T.S.K., *Avaliação Quantitativas entre as Radiografias Laterais Digital e Convencional*. R Dental Press Ortodon Ortop Facial. 2009;4:60-68

ACCORSI, M.A.O., *Comparação de grandezas cefalométricas obtidas por meio de telerradiografia e tomografia computadorizada multislice em crânios secos humanos*. [Dissertação de Mestrado]. São Paulo: Faculdade de Odontologia da USP; 2007.

ADAMS, G.L., GANSY, S.A., MILLER, A.J., HARRELL, W.E. Jr., HATCHER, D.C., *Comparasion between traditional 2-dimensional cephalometry and a 3-dimensional approach on human dry skulls*. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2004; 126:397-409.

AZEVEDO, A.R.P., JANSON, G. HENRIQUES, J.F.C., FREITAS, M.R., *Evaluation of asymmetries between subjects with Class II subdivision and apparent facial asymmetry and those with normal occlusion*. Am J. Orthod Dentofacial Orthop 2006; 129:376-383.

BAPTISTA, J.M., *Análise cefalométrica frontal de Ricketts: Paradigma 2000*. Ortodontia-SPO 2007;40 (3):222-227.

CARLINI, J.L., GOMES, K.U., *Diagnóstico e tratamento das assimetrias dentofaciais*. R. Dental Press Ortodon Ortop Facial 2005; 10 (1):18-29.

CATTANEO, P.M., BLOCH, C.B., CALMAR, D., HJORTSHOJ, M., MELSEN, B., *Comparasion between conventional and cone-beam computed tomography-generated cephalograms*. Am J. Orthod Dentofacial Orthop 2008; 134:798-802.

CAVALCANTI, M.G.P., ROCHA, S.S., VANNIER, M.W., *Craniofacial measurements based on 3D-CT volume rendering: implications for clinical applications*. Dentomaxillofac Radiol 2004; 33:170-176.

CAVALCANTI, M.G.P., VANNIER, M.W., *Quantitative analysis of spiral computed tomography for craniofacial clinical applications*. Dentomaxillofac Radiol 2000;29:35-40.

CEVIDANES, L.H.S., STYNER, M.A., PROFFIT, W.R., *Image analysis and superimposition of 3-dimensional cone-beam computed tomography models*. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2006;129:611-618.

CEVIDANES, L.H.S., FRANCO, A.A., GERIG, G., PROFFIT, W.R., SLICE, D.E., ENLOW, D.H., YAMASHITA, H.K., KIM, Y.H., SCANAVINI, M.A., VIGORITO, J.W., *Assessment of mandibular growth and response to orthopedic treatment with 3-dimensional magnetic resonance images*. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2005;128:16-26.

CEVIDANES, L.H.S., FRANCO, A.A., SCANAVINI, M.A., VIGORITO, J.W., ENLOW, D.H., PROFFIT, W.R., *Clinical outcomes of Frankel appliance therapy assessed with a counterpart analysis*. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2003;123:379-387.

CEVIDANES, L.H.S., FRANCO, A.A., GERIG, G., PROFFIT, W.R., SLICE, D.E., ENLOW, D.H., LEDERMAN, H.M., AMORIN, L., SCANAVINI, M.A., VIGORITO, J.W., *Comparison of relative mandibular growth vectors with high-resolution 3-dimensional imaging*. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2005;128:27-34.

CHAU, C.M., WONG, W.R.K., HAGG, U. *3D Dimensional Cone-Beam Computerized Tomography Cephalometric Database on Jaw Dimensions in Chinese*. The Open Anthropology Journal 2010; V3.

DECKER, J.D., *Asymmetric mandibular prognathism: a 30-year retrospective case report*. Am J. Orthod Dentofacial Orthop 2006; 129:436-443.

ELSLANDE, D.C.V., RUSSETT, S.J., MAJOR, P.W., FLORES-MIR, C., *Mandibular asymmetry diagnosis with panoramic imaging*. Am J. Orthod Dentofacial Orthop 2008; 134:183-192.

ENLOW, DH., *Crescimento Facial*. 3ª edição. São Paulo: Editora Artes Médicas, 1993.

FARMAN, A.G., SCARFE, W.C. *Development of Imaging Selection Criteria and Procedures Should Precede Cephalometric Assessment With Cone- Beam Computed Tomography*. 2006; American Association of Orthodontists.

FLORIA, G., *La Radiologia Volumetrica in Odontoiatria. Applicazioni Cliniche*. Virtual Journal Orthodontics; 2007 Abril 10; 7(4): p.01-29

GARIB, D.G., RAYMUNDO, JR. R., RAYMUNDO, M.V., RAYMUNDO, D.V., FERREIRA, S.N. *Tomografia computadorizada de feixe cônico (Cone beam); entendendo este novo método de diagnóstico por imagem com promissora aplicabilidade na Ortodontia*. R Dental Press Ortodon Ortop Facial 2007; 12 (2):139-156.

GOLDREICH, H.N., MARTINS, J.C.R., MARTINS, L.P., SALOMA, P.R., *Considerações Sobre Os Erros Em Cefalometria*. R Dental Press Ortodon Ortop Facial 1998; 3(1): 81-90.

GOUVEIA, M.F. *Aplicação de prototipagem rápida no planejamento de cirurgias craniofaciais*. [tese de Doutorado]. Campinas: Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica; 2009.

GUERRERO, A.L. *Pneumatização do seio esfenoidal de adultos e sua relação com o trajeto da artéria carótida interna – avaliação pela ressonância magnética*. [tese de Doutorado]. São Paulos: Escola Paulista de Medicina, 1999.

HALAZONETIS, D.J. *From 2-dimensional cephalograms to 3-dimensional computed tomography scans*. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2005; 127:627-637.

HARAGUSHI, S., IGUSHI, Y., TAKADA, K. *Asymmetry of the Face in Orthodontic Patients*. The Angle Orthodontist 2008;78(3):421-426.

HARRELL, W.E., HATCHER, D.C., BOLT, R.L. *In search of anatomic truth: 3-Dimensional Digital modeling and the future of orthodontics*. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2002;122:325-330.

HASHIMOTO, T., KURODA, S., TANIMOTO, Y., MIYAWAKI, S., TAKANO-YAMOTO, T. *Correlation between craniofacial and condylar path asymmetry*. J Oral Maxillofac Surg 2008; 66:2020-2027.

HEIMISDOTTIR, K., BOSSHARDT, D., RUF, S. *Can the severity of root resorption be accurately judged by means of radiographs? A case report with histology*. Am J. Orthod Dentofacial Orthop 2005; 128:106-109.

HILGERS, M.L., SCARFE, W.C., SHEETZ, J.P., FARAMAN, A.G. *Accuracy of linear temporomandibular joint measurements with cone-beam computed tomography and digital cephalometric radiography*. Am J. Orthod Dentofacial Orthop 2005; 128:803-811.

HONEY, O.B., SCARFE, W.C., HILGER, M.J., KLUEBER, K., SILVEIRA, A.M., HASKELL, J.B.S., FARMAN, A.G. *Accuracy of cone-beam computed tomography imaging of the temporomandibular joint: Comparisons with panoramic radiology and linear tomography*. Am J. Orthod Dentofacial Orthop 2007; 132:429-438.

HWANG, H.S., LEE, K.H., KANG, B.C. *Maxillofacial 3-dimensional image analysis for the diagnosis of facial asymmetry*. Am J. Orthod Dentofacial Orthop 2006; 130(3):779-785.

HWANG, H.S., YOUN, I.S., LEE, K.H., LIM, H.J. *Classification of facial asymmetry by cluster analysis*. Am J. Orthod Dentofacial Orthop 2007;132(3):279e1-279.e1-6.

JANSON, G., LIMA, K.J.R.S., WOODSIDE, D.G., METAXAS, A., FREITAS, M.R., HENRIQUES, J.F.C. *Class II subdivision malocclusion types and evaluation of their asymmetries*. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2007;131:57-66.

KAMIISHI, H., MIYASATO, Y., KOSAKA, M. *Development of the 3D-cephalogram: A Technical note*. J Oral Maxillofac Surg 2007;35:258-260.

KATSUMATA, A., FUJISHITA, M., MAEDA, M., ARIJI, Y., ARIJI, E., LANGLAIS, R.P. *3D-CT evaluation of facial asymmetry*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2005; 99:212-220.

KIKI, A., KILIÇ, N., OKTAY, H. *Condylar asymmetry in Bilateral Posterior Crossbite Patients*. Angle Orthod 2007; 77:81.

KIM, Y.H., SATO, K., MITANI, H., SHIMIZU, Y., KIKUCHI, M. *Asymmetry of the sphenoid bone and its suitability as a reference for analyzing craniofacial asymmetry*. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2003; 124:656-662.

KWON, T.G., PARK, H.S., RYOO, H.M., LEE, S.H. *A comparison of craniofacial morphology in patients with and without facial asymmetry- a three- dimensional analysis with computed tomography*. J Oral Maxillofac Surg 2006; 35:43-48.

LAGRAVERE, M.D., HANSEN, L., HARZER, W., MAJOR, P.W. *Plane orientation for standardization in 3-dimensional cephalometric analysis with computerized tomography imaging*. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2006;129:601-604.

LAGRAVERE, M.D., CAREY, J., TOOGOOD, R.W., MAJOR, P.W. *Three-dimensional accuracy of measurements made with software on cone-beam computed tomography images*. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2008; 134:112-116.

LANE, C., HARREL, W. *Completing the 3-dimensional picture*. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2008;133:612-620.

LEE, K.H., HWANG, H.S., CURRY, S., BOYD, R.L., NORRIS, K., BAUMRIND, S. *Effect of cephalometer misalignment on calculations of facial asymmetry*. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2007; 132:15-27.

MASUOKA, N., MURAMATSO, A., ARIJI, Y., NAWA, H., GOTO, S., ARIJI, E. *Discriminative thresholds of cephalometric indexes in the subjective evaluation of facial asymmetry*. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2007; 131:609-613.

MAH, J.K., DANFORTH, R.A., BUMANN, A., HATCHER, D.C. *Radiation absorbed in maxillofacial imaging with a new dental computed tomography device* Oral Surg Oral Med Oral Pathol 2006;96:508-513.

MOSHIRI, M., SCARFE, W.C., HILGERS, M.L., SCHEETZ, J.P., SILVEIRA, A.M., FARMAN, A.G. *Accuracy of linear measurements from imaging plate and lateral cephalometric images derived from cone-beam computed tomography*. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2007;132:550-560.

OLIVEIRA, A.E.F., CEVIDANES, L.H.S., PHILLIPS, C., MOTTA, A., BURKE, B., TYNDALL, D. *Observer reliability of three-dimensional cephalometric landmark identification on cone-beam computerized tomography*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2009; 107:256-265.

PALOMO, J.M., HUNT, D.W., HANS, M.G., BROADBENT, B.H. *A longitudinal 3-dimensional size and shape comparison of untreated Class I and Class II subjects*. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2005; 127:584-591.

PARK, S.H., YU, H.S., KIM, K.D., LEE, K.J., BAIK, H.S. *A proposal for a new analysis of craniofacial morphology by 3-dimensional computed tomography*. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2006;129:600-634.

PASLER F.A. *Radiologia Odontológica*. 2ª edição. Porto Alegre: Artmed Editora, 2001

PEREIRA, C.B. *Introdução à Cefalometria Radiográfica*. 4ª edição; Revista Virtual ACBO, 2010.

PEREIRA. C.B. *Manual para Estudos Craniométricos e Cranioscópicos*. Rio Grande do Sul: Universidade Federal de Santa Maria, 1979. 125p.

PEREIRA, C.B., EID, N.L.M., LOPES, S.L.P.C. *Posição da mandíbula preconizada por ortodontistas e radiologistas para realização de telerradiografias cefalométricas*. Revista Virtual da AcBO 2009 Disponível também em: www.acbo.org.br/revista/biblioteca/15jun2009/pos_mandibula_13jul2009.pdf. Arquivo certificado em: 15 de junho de 2009].

ROSSI, M., RIBEIRO, E., SMITH, R. *Craniofacial asymmetry in development: An Anatomical Study*. Angle Orthod 2003;73:381-385.

SALES, M.A.O., OLIVEIRA, J.X., CAVALCANTI, M.G.P. *Computed tomography imaging findings of simultaneous bifid mandibular condyle and temporomandibular joint ankylosis: case report*. Braz Dent J 2007; 18:74-77.

SANTA BÀRBARA, A. *Processamento de Imagens Médicas Tomográficas para Modelagem Virtual e Física – O Software InVesalius*. Tese de doutorado. Campinas, Universidade Estadual de Campinas, 2006, 429p.

SANTOS, D.T., MIYASAKI, O., CAVALCANTI, M.G.P. *Clinical –embryological and radiological correlations of oculo-auriculo-vertebral spectrum using 3D-CT*. Dentomaxillofac Radiol 2003; 32:8-14.

SEZGIN, O.Z., CELENK, P., ARICI, S. *Mandibular Asymmetry in Different Occlusion Patterns*. Angle Orthod 2007; 77(5):803-807.

SFORZA, C., PERETTA, R., GRANDI, G., FERRONATO, G., FERRARIO, V.F. *Three-dimensional facial morphometry in skeletal class III patients, a non-invasive study of soft-tissue changes before and after orthognathic surgery British*. J Oral Maxillofac Surg 2006; 45: 138-144.

SILVA, AA. *Crescimento e Desenvolvimento Craniofacial*. 1ªedição. São Paulo: Editora Santos, 2006.

SILVA, M.A.G., WOLF, U., HEINICKE, F., BUMANN, A., VISSER, H., HIRSCH, E. *Cone-Beam computed tomography for routine orthodontic treatment planning: A radiation dose evaluation*. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2008;133;640.ei-640.e5.

SILVEIRA, L.G.G., ABRANCHES, D.C., RUIZ, E.E.S., SIGULEM, D., SCHOR, P., PISA, I.T. *Estudo Comparativo Entre a Análise Cefalométrica Computadorizada e a Convencional Realizadaem diferentes Centros Radiológicos de São Paulo*. X Congresso Brasileiro de Informática em Saúde; Florianópolis,2006.

SURI, S., UTREJA, A., KHANDELWAL, N., MAGO, S.K. *Craniofacial computerized tomography analysis of the midface of patients with repaired complete unilateral cleft lip and palate*. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2008; 134:418-429.

TERAJIMA, M., YANAGITA, N., OZEKI, K., HOSHINO, Y., MORI, N., GOTO, T.K., TOKUMORI, AOKI, Y., NAKASIMA A. *Three-dimensional Analysis System for Orthognathic Surgery Patients With Jaw Deformities*. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2008; 134:100-111.

UECHI, J., OKAYAMA, M., SHIBATA, T., MUGURUMA, T., HAYASHI, K., ENDO, K., MIZOGUCHI, I. *A novel method for the 3-dimensional simulation of orthognathic surgery by using a multimodal image-fusion technique*. Am J. Orthod Dentofacial Orthop 2006; 130:786-798.

VAN DER LINDEN. *Crescimento e Ortopedia Facial*. 1ª edição. São Paulo: Editora Santos, 1990.

VAN VLIJMEN, O.J.C., BERGÉ, S.J., SWENNEN, G.R.J., BRONKHORST, E.M., KATSAROS, C., KUIJPERS-JAGTMAN, A.M. *Comparasion of cephalometric radiographs obtained from cone-beam computed tomography scans and conventional radiographs*. J Oral Maxillofac Surg 2009; 67:92-97.

VIDIC, B. *The postnatal development of the sphenoidal sinus and its spread into the dorsum sellae and posterior clinoid processes*. Am.Journal Roentgenol 1968;104:177-83.

VILLELA, C.H.S., NORITOMI, P.Y., SILVA, A.M., SILVA, J.V.L., CAVALCANTI, M.G.P., PASSINI, A.C., ZAVAGLIA, A.C.A. *The Virtual biomodel as a complementary resource for the diagnosis of mandibular ankylosis*. R. Virtual and Physical Prototyping 2007 (2); 225-228

WEISSHEIMER, A. *Efeitos Imediatos da Expansão Rápida da Maxila no Sentido transversal, com os Dijuntores Tipo Hass e Hirax, em Tomografia Computadorizada Cone Beam*. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Odontologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2008, 148p.

WWW.CETAC.COM.BR, *Tipos de Tomógrafos*. Disponível em http://www.cetac.com.br/tc_geracao_tomografos.htm