Universidade de São Paulo
Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto
Programa de Pós-Graduação em Odontologia Restauradora

**Avaliação da acurácia de imagens tridimensionais realizadas em sistema
de estereofotogrametria portátil**

Alvaro Augusto Junqueira Júnior
Doutorando do Departamento de Odontologia Restauradora
Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto

Ribeirão Preto
2018

Alvaro Augusto Junqueira Júnior

**Avaliação da acurácia de imagens tridimensionais realizadas em sistema
de estereofotogrametria portátil**

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências junto ao Programa de Odontologia Restauradora com Área de Concentração em Dentística.

Orientador: Prof. Dr. Marco Antônio Moreira Rodrigues da Silva

Ribeirão Preto

2018

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Ficha catalográfica

Junqueira Júnior, Alvaro Augusto

Avaliação da acurácia de imagens tridimensionais realizadas em sistema de estereofotogrametria portátil. / Alvaro Augusto Junqueira Júnior ; orientador Marco Antônio Moreira Rodrigues da Silva. - Ribeirão Preto, 2018.

163 f. : il. ; 30 cm

Tese (Doutorado) - Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo. Departamento de Odontologia Restauradora. Área de concentração: Dentística.

1. Estereofotogrametria 2. Antropometria 3. Face

FOLHA DE APROVAÇÃO

Alvaro Augusto Junqueira Júnior

AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA DE IMAGENS TRIDIMENSIONAIS REALIZADAS EM SISTEMA DE ESTEREOFOTOGRAMETRIA PORTÁTIL

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo para obtenção do grau de Doutor em Odontologia Restauradora.

BANCA EXAMINADORA

Data: __/__/__

Prof(a). Dr(a) _____

Instituição _____ Assinatura _____

Prof(a). Dr(a) _____

Instituição _____ Assinatura _____

Prof(a). Dr(a) _____

Instituição _____ Assinatura _____

Prof(a). Dr(a) _____

Instituição _____ Assinatura _____

Prof(a). Dr(a) _____

Instituição _____ Assinatura _____

" Algumas pessoas gostariam que algo acontecesse. Algumas desejam que
aconteça. Outras, fazem acontecer".

Michael Jordan

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, **Alvaro e Nícia**, pelo apoio constante e irrestrito, independente da distância;

À minha irmã **Luciana**, ainda mais distante, pela inspiração e carinho;

À minha companheira **Bruna Rosa de Oliveira**, por tornar esta importante jornada muito mais leve. Obrigado pela compreensão. Tudo faz mais sentido com sua presença.

Dedico a vocês meu trabalho.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador **Prof. Dr. Marco Antônio Moreira Rodrigues da Silva**, que foi muito mais que um orientador, mas um grande amigo e exemplo de docente e pesquisador;

À **Dra. Ana Maria Bettoni Rodrigues da Silva**, peça fundamental em nosso laboratório. Seu conhecimento faz toda a diferença para todos que ali trabalham.

Ao **Dr. William Marcatti Amarú Maximiano**, ao **Ms. Marco Aurélio Kenichi Yamaji** e ao doutorando **Paulo André Yamin**, pelo companheirismo e amizade em todos esses anos.

Aos integrantes do LAPESE, **Dra. Laís Valencise Magri**, **Dra. Aline Mori**, **Ms. Melissa de Oliveira Melchior** e doutorando **Mateus Sgobi Cazal** pela excelente convivência durante todos esses anos e colaborações fundamentais.

Ao amigo e **Prof. Marcelo Alves**, profissional que me apoiou incondicionalmente por todos esses anos em Ribeirão Preto;

Aos professores **Dr. Marcelo Mazzetto** e **Dr. César Bataglion**, professores da disciplina de Oclusão da FORP-USP, sempre presentes e dispostos a transmitir conhecimento;

À professora **Dra. Cláudia Maria de Felício**, que com seu vasto conhecimento esteve sempre disposta a contribuir com todos do laboratório, sendo outra fonte de inspiração docente;

Ao **Prof. Dr. Márcio de Menezes**, sempre solícito em contribuir com o desenvolvimento deste trabalho;

A todos os professores do Departamento de Odontologia Restauradora da FORP-USP, em especial ao **Prof. Dr. Luis Henrique de Camargo Thomé**, à **Profa. Dra. Regina Guenka Palma Dibb**, ao **Prof. Dr. Manoel Damião de Sousa Neto** e ao **Prof. Dr. Antonio Miranda da Cruz Filho**;

À **Profa. Dra. Laura Bullamah Stoll**, ao **Prof. Dr. André Marcelo Peruchi Minto** e ao **Prof. Dr. Luiz Rafael Calixto Lima**, profissionais de altíssimo gabarito que me inspiram como Cirurgião-Dentista.

Ao Excelentíssimo Senhor **Gen Bda Med QEMA Sérgio dos Santos SZELBRACIKOWSKI**, Chefe da Inspeção de Saúde do Exército Brasileiro e outrora Diretor do Hospital Militar de Área de São Paulo (HMASP), ao Senhor **Cel Farm PTTC Mário Sérgio OLYNTHO**, Acessor da Direção e outrora Subdiretor do HMASP e ao Senhor **Cel Dent LUCAS Dias de Moura**, Chefe da Odontoclínica do HMASP, por me possibilitarem conciliar a vida de caserna aos estudos. Sem tal apoio, a finalização deste trabalho seria impossível de se atingir concomitantemente à vida militar;

Aos irmãos de farda da Odontoclínica do HMASP, que sempre me apoiaram e me estimularam nesta empreitada, em especial ao **1º Ten ODT Émerson Toffanello BENETTI**.

Aos funcionários do Departamento de Odontologia Restauradora, em especial ao Sr. **Carlos Feitosa**, sempre disposto a ajudar todos os Pós-Graduandos em seus problemas (que não são poucos!);

Ao Sr. **José Carlos Ferreira Júnior**, protético da FORP-USP, pela realização de valiosos trabalhos laboratoriais;

À **CAPES** e à **FAPESP**, pelo auxílio financeiro e financiamento do projeto, respectivamente;

À **Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo** por colocar à disposição sua estrutura;

Aos alunos da graduação, com quem aprendi e troquei experiências por todo este período;

Aos participantes que aceitaram participar desta pesquisa, sem os quais este trabalho não se realizaria;

A todos os amigos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

SUMÁRIO

RESUMO.....23

ABSTRACT.....27

INTRODUÇÃO.....31

PROPOSIÇÃO.....39

MATERIAIS E MÉTODO.....43

RESULTADOS.....91

DISCUSSÃO.....135

CONCLUSÃO.....147

REFERÊNCIAS.....151

RESUMO

JUNQUEIRA JÚNIOR, A.A. (2018). **Avaliação da acurácia de imagens tridimensionais realizadas em sistema de estereofotogrametria portátil.** Tese (Doutorado) - Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2018.

RESUMO

A configuração e o formato das estruturas craniofaciais, a oclusão dentária, a musculatura orofacial bem como a harmonia facial são determinantes para as características próprias da face humana. Instrumentos manuais como paquímetro e fitas métricas têm sido tradicionalmente utilizados para realizar as medidas antropométricas, diretamente de um sujeito em ambiente clínico. O avanço tecnológico possibilitou transformar a aquisição destas medidas analógicas em medições digitais, tornando possível aquisições rápidas, precisas e sem radiação. Tais informações podem, ainda, ser arquivadas para futuras análises e compartilhamento de informações com colegas e pacientes. A estereofotogrametria tem se destacado dentre as novas técnicas de captação de imagens tridimensionais, onde um grupo de câmeras de rápida captura fotografam a imagem do indivíduo a partir de variadas angulações. Atualmente, sistemas portáteis de estereofotogrametria vêm sendo propostos no mercado por apresentarem maior praticidade e simplicidade no manuseio. A proposta do presente estudo foi avaliar a precisão e a reprodutibilidade de um sistema de estereofotogrametria 3D portátil (Vectra H1, Canfield Scientific, Fairfield, NJ, EUA) em medições dos tecidos moles faciais de 30 participantes e de um cubo de medidas definidas, comparando tais medidas com as obtidas por um sistema de estereofotogrametria 3D fixo (Vectra M3, Canfield Scientific, Fairfield, NJ, EUA), de precisão e reprodutibilidade estabelecidas e validadas, através de análise quantitativa dos possíveis erros. Foram realizadas marcações craniométricas transitórias em tecido mole da face nos 30 participantes do estudo ($n=30$), sendo estes submetidos à aquisição de imagens pela técnica da estereofotogrametria, tanto pelo sistema fixo Vectra M3, quanto pelo sistema portátil Vectra H1. Trinta pontos de referência (*landmarks*) foram utilizados para realizar as medidas (em mm) de 34 distâncias. Quanto ao cubo, foram avaliados, no total, 20 ângulos, 20 áreas e 9 distâncias lineares. Os resultados obtidos pela metodologia estabelecida, juntamente com a correlação aos achados da literatura, permitiram concluir que o sistema portátil Vectra H1 apresentou precisão e repetibilidade comparáveis com o sistema fixo Vectra M3, evidenciando sua capacidade de capturar imagens tridimensionais de modo eficaz, o que torna viável seu uso nas mais diversas aplicações clínicas.

Palavras-chave: Estereofotogrametria, Antropometria, Face

ABSTRACT

JUNQUEIRA JÚNIOR, A.A. (2018). **Accuracy evaluation of tridimensional images performed by portable stereophotogrammetric system**. Dissertation (Doctorate) - School of Dentistry of Ribeirao Preto, University of Sao Paulo, Ribeirao Preto, 2018.

ABSTRACT

The human face presents characteristics according to dental occlusion, facial harmony, orofacial musculature, besides the format and configuration of craniofacial structures. Traditionally, anthropometric measurements have been acquired through direct measurements of a subject inside clinical environment, using calipers and metric tapes to measure distance between arches and landmarks. Along with scientific breakthrough, the data, used to be analogic, became digital. It opened the possibility of quick, precise and radiation-free acquisitions, with its details being simultaneously archived for future analysis and being able to be easily shared with patients and colleagues. Among new facial analysis methods the stereophotogrammetry technique has emerged, where a group of cameras with fast acquisition take photographs of the subject from multiple angles. Nowadays, portable stereophotogrammetric are being proposed, as they are more practical and easy to use. The aim of this work was analyze the accuracy and reproducibility of a portable 3D stereophotogrammetric system (Vectra H1, Candfield, Fairfield, NJ, USA) in measurements of facial soft tissue of 30 participants and defined measures of a cube, comparing these measurements with those obtained by a set 3D stereophotogrammetric system (Vectra M3, Candfield, Fairfield, NJ, USA), which has it's accuracy and reproducibility previously validated, through quantitative analysis of possible errors. Thirty temporary landmarks were used to make the measurements (in mm) of 34 distances in 30 participants ($n=30$). Regarding the cube, 20 angles, 20 areas and 9 linear distances were evaluated. The obtained results by the established methodology, along with the correlation to literature findings, allowed us to conclude that the Vectra H1 portable system has shown accuracy and reproducibility as good as the Vectra M3 set system, evidencing it's capability to reliably capture tridimensional images, what makes practicable it's use in the most diverse clinical applications.

Key words: Stereophotogrammetry, Anthropometry, Face

INTRODUÇÃO

A Antropometria é a ciência comprometida com a medição do corpo humano por meio de avaliações de peso, tamanho e proporções. Deste modo, provê lições valiosas e objetivas sobre como avaliar e caracterizar variações fenotípicas e dismorfologias em qualquer espécie.¹ A Antropometria Facial, escopo da área Odontológica, fornece mais que resultados meramente descritivos.² As possibilidades de comunicação, interação com o meio, identificação de pessoas provida pelo rosto e o transporte de informações sobre saúde do indivíduo atrai há tempos a atenção de cientistas e artistas, que então procuram analisa-lo de maneira quantitativa.³⁻¹⁰ Uma análise precisa da face é indispensável para o diagnóstico e o preparo de um plano de tratamento para pacientes que estão sendo submetidos a tratamento ortodôntico, cirurgias ortognática e plástica, para o diagnóstico de malformações genéticas ou adquiridas, para o estudo de crescimentos normal e anormal da face e para investigações antropométricas.^{4,11-14}

A Antropometria Facial como ferramenta de análise morfológica possibilita uma avaliação objetiva, porém tende a ser demorada e laboriosa quando realizada nos métodos tradicionais.¹⁵ Diferentes técnicas de análise têm sido discutidos na literatura, como o uso de paquímetro, fotografias e radiografias.¹ Entretanto, estes métodos não podem satisfazer totalmente a estimativa porque sua natureza bidimensional proporciona algumas dificuldades em quantificar os resultados.¹⁶ O desenvolvimento das tecnologias da computação e da informática possibilitaram que os padrões para armazenamento e recuperação de dados e emprego da informação, aliados ao conhecimento biomédico, transformassem métodos tradicionais de diagnóstico, visualização, e tratamento.^{4,11,17-22} Com o avanço científico e tecnológico, análises tridimensionais (3D) de morfometria facial, como escaneamento a laser, ressonância magnética, tomografia computadorizada (TC), ultrassom, digitalização por contato e estereofotogrametria oferecem significantes mudanças no processo de diagnóstico, pois são considerados métodos não invasivos de análise facial,^{2,11,22} tornando-se, assim, uma realidade em diversos contextos clínicos e de pesquisa em todo o mundo.²³ Enquanto imagens de TC detalham superfícies e volumes do esqueleto, imagens tridimensionais obtidas pelo método óptico podem prover informações adicionais sobre cor e textura de superfície, assim como resoluções superiores de superfície de tecido mole.²⁴⁻²⁶

Neste interim, podemos observar uma mudança nas últimas décadas, onde o processo de obtenção das medidas faciais deixou de ser por meio de medições diretas, sendo obtidas por meio da análise indireta de imagens bidimensionais e tridimensionais.⁷ A digitalização de dados anteriormente analógicos abriram a possibilidade de aquisição rápida, precisa e sem radiação, com suas informações sendo simultaneamente arquivadas para análises futuras e podendo ser compartilhadas facilmente com outros profissionais.^{2,11,14,27-32} Estas modernas tecnologias têm sido empregadas em estudos fenotípicos,^{27,3133-35} tornando viável a criação de valiosos bancos de dados de valores normativos para cada população. Tal avanço indubitavelmente facilita grandemente a compreensão do complexo craniofacial em diversos grupos étnicos.^{36,37}

Dentre os métodos de análise tridimensionais, a estereofotogrametria tem se destacado por ser um método de precisão e repetibilidade comprovadas.^{2,13,38-41} Este é um método que não requer contato físico entre a face do paciente e o aparelho, sendo seguro, rápido, não-invasivo² e tornando possível a obtenção de uma imagem da superfície externa de maior qualidade.²³ Além de se permitir analisar as imagens por meio de pontos de referência (*landmarks*), é possível realizar análises faciais de superfície,⁴² sendo que esta última mostrou-se ainda mais sensível.⁴³ A avaliação de superfícies traz uma gama de possibilidades a diversas áreas, como a Ortodontia, a Cirurgia Bucomaxilofacial e, mais recentemente, a Estética Orofacial. Analisar e quantificar assimetrias faciais, por exemplo, mostra-se crucial nestas especialidades, pois diversas condições podem estar relacionadas a tais alterações morfológicas, comprometendo a qualidade de vida do paciente em inúmeros aspectos.⁴⁴ Outro exemplo é a possibilidade de quantificação de superfície de tecido mole, que permite avaliar a progressão de patologias como tumores. Com este recurso, análises prévias e posteriores ao tratamento podem ser realizadas, permitindo a comparação destas lesões em diferentes estágios do tratamento.⁴⁵ Novas aplicações de imagens tridimensionais na saúde possibilitam análise mais abrangente de todo o complexo estomatognático, previsões simuladas de tratamentos propostos e biomodelagem.^{46,47} Devido à sua segurança, imagens com alta resolução e baixo tempo de captação de imagens, esta técnica mostrou-se ideal para coletar dados tridimensionais de rostos, mesmo em crianças, bebês ou

peessoas portadoras de deficiências, onde o tempo de exposição pode ser crítico.²³ Heike⁴⁸ detalhou as principais questões técnicas relacionadas à prática de utilização da estereofotogrametria, incluindo sua localização física, sugerindo reduzir os artefatos de imagem e maximizar a cobertura da superfície facial, além de fornecer sugestões para a análise de crianças e pessoas com necessidades especiais. Desta maneira, beneficiadas pela introdução desta modalidade de avaliação não-invasiva e barata de imagens, diversas abordagens passaram a ser sugeridas para a análise de assimetrias faciais.⁴⁹⁻⁵³ As áreas de cirurgia craniofacial e de portadores de fissuras labiopalatais desenvolveram sobremaneira o uso da estereofotogrametria, pois puderam realizar estudos de assimetrias facial, labial e nasal, proporções faciais e projeção maxilar de maneira eficiente. Além da qualidade da captura da imagem e das possibilidades de trabalho em cima dos dados coletados, estas áreas se beneficiam especialmente da velocidade de captura de imagem.^{2,35,46,54-56}

No Brasil, Junqueira⁵⁷ e Andrade⁵⁸ realizaram trabalhos com aparelho de estereofotogrametria. Junqueira realizou análise antropométrica de um grupo de brasileiros jovens saudáveis utilizando o sistema de estereofotogrametria fixo Vectra M3. Andrade investigou a repetibilidade desde mesmo sistema digital em medições lineares e angulares para análise da morfologia facial, observando boa repetibilidade e medições precisas dentro dos parâmetros de seu estudo.

Em relação à Ortodontia, a inconveniência em produzir e estocar modelos de gesso pode ser suplantada com a integração de modelos digitais integrados à imagem facial, técnica desenvolvida em diversos trabalhos.^{53,59} O controle por imagens tridimensionais pode ser de grande valia para diagnóstico de surtos de crescimento e indicar planejamento ortodôntico mais efetivo. A eficiente integração entre os arcos dentais e as imagens de tecido mole captados digitalmente possibilita aperfeiçoar a avaliação estética previamente às intervenções clínicas. Mais do que isso: adequada padronização de protocolo para análise facial não-invasiva poderia, inclusive, substituir parcialmente algumas avaliações radiográficas.^{12,35,60,61} Lam e colaboradores⁶² demonstraram a viabilidade registrar a cabeça do paciente em sua posição natural em articulador virtual com o uso da estereofotogrametria.

A avaliação estética do sorriso por meio de análise de sua simetria foi realizada por Duran e colaboradores,⁶³ o que evidencia o grande potencial do uso da estereofotogrametria no campo da Estética Orofacial. Novas tendências de atuação dos Odontólogos, como realização de tratamentos estético-funcionais com aplicação toxina botulínica e ácido hialurônico, procedimento cirúrgico de bichectomia e tratamentos cosméticos de lipopapada e rinomodelação podem se aproveitar da estereofotogrametria como meio auxiliar de diagnóstico, planejamento e controle de resultados.

A compreensão da eficácia de qualquer novo método é fundamental, de modo a sabermos se os resultados por ele proporcionados atingem ou não parâmetros adequados às decisões clínicas futuramente nele baseadas. Deve-se comparar o valor destes novos métodos com tecnologias já estabelecidas, mesmo entendendo que o método padrão (ou "padrão ouro") não deveria indicar ausência de possíveis erros. A discrepância de resultados entre diferentes métodos de medição é inevitável, sendo imperativo identificar se tais discordâncias são significantes a ponto de causar problemas na interpretação clínica e se a utilização de ambos métodos é viável.⁶⁴ A avaliação de qualquer tecnologia em medições é baseada na habilidade do profissional em obter dados confiáveis por este método.^{11,65} Menezes² testou a acurácia de um sistema de estereofotogrametria tridimensional na análise de tecidos moles em indivíduos saudáveis. O aparelho utilizado foi o sistema de estereofotogrametria fixo Vectra M3, sistema modular utilizado também neste trabalho. Com o intuito de se obter resultados confiáveis, este sistema idealmente deve ser calibrado diariamente, sendo que em caso de movimentação (planejada ou acidental), nova calibração deve ser realizada. Apesar de ter mostrado precisão e reprodutibilidade adequadas, este sistema é fixo, o que torna mandatória a presença do indivíduo a ser avaliado em seu local de funcionamento. Trata-se de um aparelho com 3 módulos, sendo que cada módulo possui 2 câmeras. Com isso, indivíduos acamados, de difícil locomoção ou pertencentes a áreas distantes têm acesso limitado a esta tecnologia.

O uso de um método não invasivo, confiável, simples e reprodutível poderia contribuir enormemente no diagnóstico, planejamento e tratamento dos acometimentos funcionais e morfológicos na região craniofacial. Um procedimento diagnóstico confiável é aquele capaz de trazer os mesmos

resultados em repetidas medições, dentro de um intervalo de variações aceitável. Num nível conceitual básico, a validade de um diagnóstico vai até onde ele mede o que ele pressupõe medir.⁶⁶ Atualmente, sistemas portáteis de estereofotogrametria vêm sendo propostos no mercado por apresentarem maior praticidade e simplicidade no manuseio. Há escassez de estudos que avaliem a eficácia do sistema portátil de estereofotogrametria, o que é importante para sua validação técnica independente. Até a conclusão deste trabalho, foi encontrado apenas um estudo que procurou avaliar a precisão do sistema Vectra H1 com o sistema já validado, o Vectra M3. Camison e colaboradores⁶⁷ realizaram um trabalho com o intuito de validar o sistema de estereofotogrametria portátil Vectra H1. Foram 136 distâncias lineares avaliadas, num total de 26 participantes. Mais trabalhos, com comparação mais robusta de dados variados, se fazem necessários para validar de modo seguro o uso de imagens tridimensionais por estereofotogrametria em aparelho portátil na análise não apenas de distâncias lineares, mas também de áreas e ângulos.

PROPOSIÇÃO

A proposta do presente estudo foi avaliar a precisão e a reprodutibilidade de um sistema de estereofotogrametria 3D portátil (Vectra H1, Canfield Scientific, Fairfield, NJ, EUA) na medição dos tecidos moles faciais em distâncias lineares de 30 participantes e em distâncias lineares, áreas e ângulos de um cubo de dimensões conhecidas, comparando-o com um sistema de estereofotogrametria 3D fixo (Vectra M3, Canfield Scientific, Fairfield, NJ, EUA), de precisão e eficácia já estabelecidas e validadas, através de análise quantitativa dos possíveis erros.

MATERIAIS E MÉTODO

Seleção da amostra

O tamanho da amostra foi determinado considerando a diferença média entre aquisições de 1mm (Desvio Padrão,1), com um erro α ajustado em 0,05^{12,14} e um erro β ajustado em 0,8.² Como critério de inclusão, foram selecionados participantes com idades entre 18 e 40 anos, sem cicatrizes faciais, anomalias congênitas e/ou deficiências de motricidade, que poderiam dificultar a estabilidade do paciente durante as aquisições da imagem e, com isso, gerar imprecisões na captura das imagens que não fossem inerentes aos aparelhos de estereofotogrametria. A escolha dos participantes foi aleatória, independentemente de cor, peso e altura.

Os dados obtidos pelos dois sistemas de estereofotogrametria Vectra (M3 e H1) foram comparados, sendo utilizados os mesmos participantes e o mesmo objeto para ambos sistemas.

Verificação da precisão na imagem do objeto

Um dos passos para avaliar a precisão do Vectra H1 foi realizar imagens de um objeto padrão com uma grade milimetrada no corpo do objeto, sendo obtido imagens utilizando o Vectra H1 e posteriormente com o Vectra M3, que possui eficácia e precisão comprovadas.²

Medições faciais

Todos os procedimentos foram não-invasivos e realizados com o mínimo de incômodo aos participantes, previamente esclarecidos sobre os procedimentos a serem adotados e com o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) assinado. O projeto foi devidamente cadastrado na Plataforma Brasil sob o número CAAE 55348215.1.0000.5419.

As principais fontes de erro na estereofotogrametria são devido à identificação dos pontos de referência e à captura da imagem. A adequada identificação dos pontos de referência previamente à captação das imagens foi realizada de modo a se obter resultados confiáveis, prática também realizada em outros trabalhos na literatura.^{2,11,40,61}

É importante que o operador responsável pela marcação dos pontos de referência e captura das imagens tenha recebido treinamento prévio e possua experiência nestes procedimentos, pois as corretas identificação e demarcação dos *landmarks* dependem deste conhecimento, que também é indispensável para reconhecer fatores que alteram o posicionamento dos tecidos moles durante a captura das imagens.³⁶

Antes da marcação dos pontos de referência uma faixa para cabelo foi posicionada em cada participante, com a finalidade de afastar os cabelos, promover facilitado acesso pelo operador à marcação dos *landmarks* e melhorar a leitura na região pelo sistema de estereofotogrametria correspondente. Uma gaze estéril embebida em álcool 70% foi sistematicamente passada na face de cada participante, a fim de limpar a pele de eventuais impurezas, oleosidade e/ou maquiagem.

Foi realizada a marcação de 30 pontos de referência (Figuras 1 a 6). A Tabela 1 traz os pontos de referência que foram utilizados neste estudo, assim como suas abreviações e definições para marcação.

Figura 1 - Aspecto frontal da face ilustrando os pontos de referência (*landmarks*).

Figura 2 - Aspecto lateral da face ilustrando os pontos de referência.

Figura 3 - Aspecto aproximado da região de olhos.

Figura 4 - Aspecto aproximado do pontos de referência Exocanthion, Endocanthion e Frontotemporale direitos.

Figura 5 - Aspecto aproximado de perfil esquerdo.

Figura 6 - Aspecto aproximado de pontos de referência em nariz e boca.

Tabela 1 - Pontos de referência (*landmarks*) utilizados no presente trabalho com suas abreviações e definições. De acordo com Farkas ¹

Abreviação	Ponto de referência	Definição
Tr	Trichion	Na linha dos cabelos, na linha média
N	Nasion	Ponto mais profundo entre a fronte e o nariz
Prn	Pronasale	Ponto mais anterior da ponta do nariz
Sn	Subnasale	Ponto médio na união da borda inferior do septo nasal e do lábio superior
Ls	Labiale superius	Ponto médio no início do vermelhão do lábio superior
Sto	Stomion	Intercessão da linha média facial e a fissura labial horizontal
Li	Labiale inferius	Ponto médio no início do vermelhão do lábio inferior
Sl	Sublabiale	Na linha média do sulco nasolabial
Pg	Pogonion	Ponto mais anterior do queixo
Gn	Gnation	Ponto mais inferior e anterior da sínfise mentoniana
Ch[r], Ch[l]	Cheilion	Comissura labial
Ex[r], Ex[l]	Exocanthion	Comissura externa da fissura ocular
En[r], En[l]	Endocanthion	Comissura interna da fissura ocular
Ft[r], Ft[l]	Frontotemporale	Em cada lado da fronte, lateralmente à elevação da linha temporal
*Chk[r], Chk[l]	Cheek	Na intercessão entre o plano de Camper e a linha conectando o canto externo do olho com a comissura labial
Zy[r], Zy[l]	Zygion	Ponto mais lateral do arco zigomático
Al[r], Al[l]	Alare	Ponto mais lateral de cada contorno alar nasal
Cph[r], Cph[l]	Crista philtri	Em cada margem elevada do filtro acima da linha do vermelhão superior
T[r], T[l]	Tragion	Na margem superior do tragus
Go[r], Go[l]	Gonion	Ponto mais lateral do ângulo da mandíbula

* de acordo com Ferrario.⁶⁸

A marcação dos pontos de referência foi obtida com uso de delineador líquido Make-B (O Boticário®, Brasil), sendo tal procedimento realizado pelo mesmo operador em todos os 30 participantes. Esta etapa durou, em média, 5 minutos para cada participante (Figura 7).

Figura 7 - Marcação dos pontos de referência faciais.

Os pontos de referência Ex[r], Ex[l], En[r], En[l], Ch[r], Ch[l] e Sto não receberam marcação manual com delineador, apenas marcação direta no programa após captação das imagens, por serem bem delimitados pela anatomia facial e reproduzíveis de forma confiável.⁶⁹ Tais *landmarks* foram representados por marcações da cor branca nas figuras anteriores.

Captação das imagens dos participantes: sistema fixo Vectra M3

O aparelho Vectra M3 trata-se de um sistema de estereofotogrametria fixo, onde três módulos compostos por duas câmeras cada captam três imagens tridimensionais simultaneamente. Possui 180 cm de altura, 122 cm de largura e 56 cm de comprimento. A região esquerda da face do participante é captada por um módulo posicionado à esquerda do aparelho, em posição mais baixa. Um módulo centralizado e posicionado superiormente é dedicado a captar o aspecto frontal da face. Por fim, um módulo posicionado à direita do aparelho, na mesma altura do primeiro módulo descrito, é responsável pela captura da região direita da face do participante. Observe que cada módulo possui 2 câmeras, posicionadas uma abaixo da outra. Esta disposição permite a captura de duas imagens bidimensionais em posições distintas, possibilitando a formação de uma imagem tridimensional. Cada módulo possui, também, dois flashes, que permitem correta iluminação do rosto do participante. Abaixo do módulo central há um pequeno espelho, posicionado estrategicamente para que o participante mantenha seus olhos corretamente direcionados durante todo o processo de captura (Figuras 8 e 9).

O sistema de estereofotogrametria Vectra M3 necessita de calibração sempre que sua localização é alterada ou sua estrutura é tocada. Neste estudo, o aparelho foi calibrado no início de cada dia de captação de imagens, sendo nova calibração realizada caso o participante tocasse inadvertidamente o corpo do aparelho. Para que seja realizada a calibração, uma moldura que acompanha o sistema é posicionada de acordo com instruções do fabricante em dois momentos: no primeiro, com posicionamento em 90°; no segundo, com posicionamento em 45°. O enquadramento é feito baseado nas linhas verticais e horizontais indicadas na tela do computador pelo próprio software do sistema. A Figura 10 mostra o posicionamento de tal moldura.

Figuras 8 e 9 - Sistema de estereofotogrametria fixo Vectra M3, com seus módulos corretamente posicionados. Em aspecto aproximado, é possível observar a presença de duas câmeras em cada módulo, entre as unidades de flash.

Figura 10 - Correto posicionamento da moldura calibradora.

Após a efetiva calibração do aparelho, o participante deve ser posicionado adequadamente à frente dos módulos. A posição da face é orientada por linhas horizontais e verticais dispostas na tela do computador, onde o software mostra em tempo real a face do participante em relação ao seu correto posicionamento. A distância média entre o participante e o

aparelho é de 112 cm. Entretanto, considera-se a posição adequada quando os olhos do participante encontram-se perfeitamente posicionados de acordo com o esquema exposto no próprio software (Figuras 11 a 13).

Figura 11 - Participante posicionado à frente do sistema Vectra M3. A distância média é de 112 cm.

Figura 12 - O participante deve manter os olhos direcionados ao espelho central.

Figura 13 - Linhas verticais e horizontais dispostas nas imagens captadas em tempo real guiam o correto posicionamento da face do participante. Observe o perfeito enquadramento da face quando comparado ao esquema a ser seguido, à esquerda da tela.

Após o acionamento do comando de captação das imagens, é necessário, ainda, averiguar se os flashes foram disparados no mesmo momento. Do contrário, a qualidade da imagem fica incorrigivelmente prejudicada.

Captação das imagens dos participantes: Sistema portátil Vectra H1

A captação das imagens faciais no aparelho de estereofotogrametria portátil Vectra H1 (Figura 14) decorre de técnica diferente do sistema fixo. Como o aparelho não possui anteparo e apresenta apenas um conjunto de duas lentes (Figura 15), três captações se fazem necessárias em momentos distintos. A primeira imagem é obtida com foco no lado direito da face do participante. O sistema portátil é posicionado a 45 graus à direita deste, encontrando-se cerca de 30cm abaixo da região subnasal (área que coincide com a altura do busto). A distância em que a câmera deve permanecer da face do participante é definida pela convergência de dois pontos luminosos, criados a partir da própria lente da câmera. Esta convergência de pontos define a distância focal necessária para a correta aquisição da imagem, bem como seu perfeito enquadramento. Os pontos devem convergir e direcionarem-se para a intercessão de duas linhas: uma horizontal, traçada no ponto *Subnasale*; e outra vertical, passando pelo ponto *Exocantion* [r]. A Figura 16, contida no manual do sistema portátil Vectra H1, demonstra um esquema das posições do participante, do operador e da posição da câmera.

Figura 14 - Sistema de estereofotogrametria portátil Vectra H1 (Canfield, NJ, EUA).

Figura 15 - Aspecto frontal da lente utilizada pelo sistema Vectra H1. Repare nas regiões laterais inferiores, onde observa-se a presença de dispositivos luminosos que projetam os pontos luminosos necessários para correto enquadramento da imagem.

Figura 16 - Ilustração do correto posicionamento para captação da primeira imagem com o Vectra H1.

A segunda imagem é captada frontalmente ao participante, porém o posicionamento vertical da câmera deve ser a apenas ligeiramente abaixo do ponto *subnasale*. Este ponto de referência passa a ser, ainda, a região em que os pontos luminosos da câmera devem convergir. A Figura 17, também obtida do manual deste sistema, ilustra esta etapa.

Figura 17 - Ilustração do correto posicionamento para captação da segunda imagem com o sistema portátil Vectra H1.

Por fim, a terceira imagem é obtida similarmente à primeira, porém do lado esquerdo do participante: altura média de 30 cm abaixo do ponto *subnasale* (altura do busto), com os pontos luminosos convergindo na intercessão da linha horizontal que passa pelo ponto *subnasale* e a linha vertical que passa pelo ponto *exocantion* [1], situação ilustrada na Figura 18.

Figura 18 - Ilustração do correto posicionamento para captação da terceira imagem com o sistema portátil Vectra H1.

É importante ressaltar que, diferentemente da captação realizada pelo sistema de estereofotogrametria fixo Vectra M3, esta técnica exige cuidado com a expressão facial do sujeito em três momentos distintos. Isto porque o sistema fixo Vectra M3 realiza a captação dos três ângulos de maneira simultânea, eliminando a possibilidade de alterações de posição de tecido mole entre as captações dos três módulos. O sistema portátil Vectra H1 necessita de três captações realizadas em momentos diferentes. Mudanças na expressão facial (incluindo alterações na posição de mandíbula) podem prejudicar a correta construção tridimensional da face do participante analisado.

Terminada a etapa da captação das imagens, os arquivos digitais devem ser passados para o computador. É possível realizar a tomada de

imagens com a câmera já conectada ao computador, o que torna imediata a importação dos arquivos. Entretanto, a transferência por meio de cartão de memória também é possível, desde que haja conexão direta apropriada do computador com o cartão de memória da câmera ou conexão indireta com o auxílio de adaptador específico para este fim. A importação indireta pelo cartão de memória foi a utilizada neste estudo, pois dispensa a conexão da câmera ao computador com fio, o que facilita o manuseio da câmera. Ademais, nos parece muito mais interessante este método de transferência de arquivos, pois é esta forma que torna o sistema verdadeiramente portátil e útil em localidades distantes do computador.

Com os arquivos enviados para o computador, o software converte automaticamente cada imagem captada em uma imagem tridimensional da região fotografada. Por meio de seleção das imagens necessárias, realiza-se o comando para "colar as imagens" ("*stitch* images"), formando assim o modelo tridimensional da face do participante.

Digitalização dos pontos de referência

O processo de digitalização dos pontos de referência ocorre de maneira similar nos dois sistemas, pois trata-se do mesmo software. Após a construção de imagem tridimensional no computador, o operador deve aproximar a imagem em cada ponto de referência marcado manualmente. Quando o ponto de referência ocupa a maior parte da tela do computador, este deve ser marcado digitalmente (Figura 19).

Figura 19 - Previamente à marcação digital de determinado ponto de referência, a imagem deve ser aproximada. Desta maneira, a região central deste ponto pode ser marcada mais facilmente, com menores riscos de erro.

Comparação entre sistemas portátil Vectra H1 e fixo Vectra M3

Após a marcação facial dos pontos de referência nos 30 participantes e captações pelos sistemas Vectra M3 e H1, as imagens tridimensionais foram analisadas e trinta e quatro distâncias faciais foram obtidas e comparadas (Tabela 2).

Tabela 2 - Distâncias entre pontos de referência a serem calculadas

Distâncias	Definição
T[r]-T[l]	Distância entre os tragus
Zy[r]-Zy[l]	Largura de face
Go[r]-Go[l]	Largura de mandíbula
Ch[r]-Ch[l]	Largura de boca
Tr-N	Altura do terço superior de face
N-Sn	Altura do terço médio de face
Sn-Gn	Altura do terço inferior de face
T-Go	Altura do ramo de mandíbula
N-T	Protrusão da região inferior do terço superior de face
Sn-T	Protrusão da região inferior do terço médio de face
Pg-T	Protrusão da região inferior do terço inferior de face
Pg-Go	Comprimento do corpo da mandíbula
Ft[r]-Ft[l]	Largura do terço superior de face
Al[r]-Al[l]	Largura de nariz
Cph[r]-Cph[l]	Largura do filtro labial
Sn-Ls	Altura do filtro labial
Ls-Sto	Espessura do vermelhão do lábio superior na linha média
Sn-Sto	Distância da base do nariz até o selamento labial
Li-Sl	Altura do lábio inferior (sem o vermelhão do lábio) na linha média
Sto-Li	Espessura do vermelhão do lábio inferior na linha média
Ex[r]-Ex[l]	Distância entre os cantos externos dos olhos
En[r]-En[l]	Distância interocular
En-Ex	Largura da fissura ocular
N-Prn	Comprimento do nariz
Prn-Sn	Protrusão do nariz
Sl-Gn	Distância da inserção do lábio inferior ao limite inferior do terço inferior de face
Tr-Gn	Altura total de face
Sto-Gn	Distância do selamento labial ao limite inferior do terço inferior de face
Chk[r]-Chk[l]	Distância entre os pontos marcados nas intercessões das distâncias T[r]-Al[r] a Ex[r]-Ch[r] e Tr[l]-Al[l] a Ex[l]-Ch[l]

Análise estatística

Para avaliar a precisão do sistema portátil Vectra H1, foram realizadas diferentes comparações. Primeiramente, foram comparadas as aquisições de imagens dos 30 participantes entre os sistemas Vectra M3 e H1. Trinta e quatro distâncias foram avaliadas em cada um dos 30 participantes, em ambos aparelhos, totalizando 2.040 distâncias. Além das análises descritivas, testes pareados t-Student foram utilizados para comparar as medidas obtidas pelo sistema portátil Vectra H1 com os valores de referência obtidos pelo sistema fixo Vectra M3. Como os participantes não possuíam valores conhecidos de referência (o que é possível apenas em objetos de dimensões conhecidas), foram adotados como "valores reais" aqueles obtidos pelo sistema fixo Vectra M3, pois este possui eficácia e precisão comprovadas na literatura.² Quando se propõe avaliar determinado método, deve-se ter em mente que diferentes termos empregados nos estudos, por mais similares que possam parecer, possuem significados distintos.

A "concordância" de determinado método quantifica quão próximas são duas ou mais medições realizadas em um mesmo participante. A concordância independe da associação desses valores com o valor real, levando-se em consideração unicamente a relação entre as medidas obtidas pelo próprio aparelho. Pode-se avaliar a concordância entre medidas obtidas em um mesmo aparelho ou a concordância entre medidas obtidas por diferentes aparelhos.

A "confiabilidade" (também referida como "acurácia") é equivalente à repetibilidade ou reprodutibilidade. Um procedimento diagnóstico confiável é aquele que obtém os mesmos resultados em repetidas medições de uma mesma variável, dentro de intervalos aceitáveis. A confiabilidade é associada à precisão de determinado procedimento, que é o grau de variação aleatória que ocorre durante a medição de um valor constante. Um procedimento é acurado quando se apresenta consistente, estável e confiável com mínimo erro.⁶⁶

Diversos métodos propõem quantificar a precisão em estudos antropométricos, a saber: Média das Diferenças Absolutas (MDA), Erro Relativo de Magnitude (ERM) e Erro Técnico de Medição (ETM).¹² Para todas as medidas faciais, foram analisados, além destes métodos: Média, Desvio Padrão (DP), Diferença das Médias (DM), valor de p (considerando $p \leq 0,05$

como significância estatística), Índice de Correlação Intraclass (ICC) e valor de p do ICC. O valor de MDA é a média das diferenças absolutas entre os valores de 2 conjuntos de dados.^{16,29}

Em seguida, as imagens obtidas pelo sistema portátil Vectra H1 dos 30 participantes foram analisadas por 2 operadores diferentes, sendo calculadas as 34 medidas, resultando um total de mais 2040 distâncias. Cada operador realizou a marcação digital dos 30 pontos de referência para cada um dos 30 participantes. A imagem tridimensional de cada participante, assim como os pontos de referência demarcados na pele, foi a mesma para ambos operadores. Esta etapa visou unicamente verificar possíveis erros durante o processo de marcação dos pontos no software. Os mesmos testes estatísticos utilizados na primeira análise foram realizados neste momento, com o acréscimo do erro técnico de medição (ETM), também conhecido como Erro de Dahlberg. O ETM, ou erro de Dahlberg, é calculado da seguinte forma:

$$ETM = \sqrt{[(\sum D^2)/2n]},$$

onde D é a diferença entre cada par de medições replicadas e n é o número de pares.²

Por fim, um objeto cúbico de dimensões conhecidas foi fotografado por 10 vezes pelo sistema portátil Vectra H1 e 10 vezes pelo sistema fixo Vectra M3 (intervalo de 1 semana entre as medições), onde uma série de distâncias, áreas e ângulos foram analisadas para determinar os possíveis erros que ocorressem durante a captação da imagem propriamente, entre os dois Sistemas. Para a comparação entre as medições do Vectra H1, além dos resultados descritivos (média, DP, DM, p e MDA) erro técnico da medição (ETM) foi utilizado para avaliar o erro aleatório entre diferentes aquisições pelo mesmo aparelho.¹²

A Figura 20 mostra o aspecto do cubo após captação pelo sistema portátil Vectra H1. O cubo de 10cm de aresta foi confeccionado na Oficina de Precisão da Universidade de São Paulo (*Campus* de Ribeirão Preto), sendo feito de madeira com uma haste metálica para ser manipulado. Sobre este cubo foi colado papel milimetrado, de modo que o tamanho real de distâncias e áreas pudesse ser comparado com o valor obtido por análise tridimensional.

Para evitar possíveis distorções do papel no limite das faces do cubo, a grade milimetrada possuía 9cm em cada direção. Novamente, foram comparados os valores dos sistemas de estereofotogrametria Vectra H1 e M3. Porém, diferentemente do ocorrido com os participantes, os valores reais eram conhecidos, não sendo necessário admitir os valores obtidos pelo sistema fixo Vectra M3 como "reais". Desta forma, além de ser possível analisar a correlação dos valores resultantes de ambos sistemas, foi possível realizar uma análise descritiva em gráfico da proximidade dos valores obtidos por cada sistema em relação aos valores reais já conhecidos.

Nove pontos foram marcados digitalmente em cada uma das 3 faces analisadas do cubo. A distância entre estes pontos era sabida devido à precisão industrial do papel milimetrado utilizado. Ainda na Figura 20, pode-se observar a localização de cada um dos 27 pontos marcados digitalmente.

Primeiramente, foram analisados 12 ângulos de 90°, sem arestas, nos 2 sistemas (Figuras 21 e 22). Foram analisadas Média, Desvio Padrão (DP), Mínimo, Máximo, Erro Relativo Médio (ERM), Média Absoluta das Diferenças (MAD) e Diferença das Médias (DM), entre ambos sistemas. Em seguida, 8 ângulos de 90° incluindo arestas foram analisados, novamente entre ambos Sistemas. Por fim, 12 ângulos de 90° em faces livres foram analisados somente no sistema portátil Vectra H1, em 2 capturas distintas.

Após a análise de ângulos, 12 áreas em faces livres foram delimitadas no cubo e analisadas (Figura 23), seguidas de 8 áreas envolvendo arestas (Figuras 24 e 25). A intenção de analisar áreas com presença de arestas foi saber se a presença de regiões com ângulos vivos poderiam dificultar de alguma maneira a leitura e a reconstrução tridimensional destas regiões. O tamanho destas áreas eram: 2 de 12cm², 3 de 14cm² e 3 de 112cm².

Figura 20 - Aspecto do cubo após captação pelo sistema portátil Vectra H1, mostrando o posicionamento de cada um dos 27 pontos distribuídos em suas 3 faces.

Figuras 21 e 22 - Ângulos retos analisados, em faces livres.

Figura 23 - Área de $24,5\text{cm}^2$ selecionada nas face esquerda do cubo.

Figuras 24 e 25 - Áreas de 12cm^2 selecionadas abrangendo arestas: 12cm^2 faces esquerda e direita e 12cm^2 topo.

Em seguida, foram analisadas distâncias lineares entre pontos, conforme exposto na Figura 26. Cada uma das 9 distâncias ilustradas nesta figura (3 distâncias em cada face) foi referente a 70mm de comprimento, tendo como referência de valor real o tamanho representado pela grade milimetrada, de confecção padronizada industrial.

Figura 26 - Distâncias lineares de 70cm analisadas.

O software possibilita a sobreposição de duas imagens realizadas em momentos distintos, tornando possível medir a distância linear entre os pontos dessas imagens. Ou seja, o ponto de referência nomeado como "1" na primeira imagem teve sua distância calculada em relação ao ponto "1" da segunda imagem, após sobreposição efetiva. Quanto maior a distância entre 2 pontos de mesmo nome analisados, menor terá sido a repetibilidade do sistema. A Figura 27 ilustra o resultado após colagem de 2 imagens distintas realizadas pelo sistema portátil Vectra H1, onde há escala de cores para evidenciar áreas onde há discrepâncias entre as duas imagens. Regiões verdes estão relacionadas com distâncias entre as imagens inferiores a 0,2mm, havendo mudança gradual de cor à medida que a distância entre as superfícies das imagens se distanciam. Note que toda a área analisada do cubo se apresenta verde, indicando sobreposição de alta precisão entre as imagens.

Figura 27 - Escala de cores. É possível observar que não há áreas com tonalidades avermelhadas ou azuladas, que indicariam diferenças maiores entre as duas imagens sobrepostas.

RESULTADOS

Resultados dos participantes

Trinta participantes tiveram imagens captadas, tanto pelo sistema fixo Vectra M3 quanto pelo sistema portátil Vectra M1, sendo 12 homens e 18 mulheres.

A Tabela 3 apresenta os valores médios e o desvio padrão (DP) das 34 distâncias obtidas para ambos sistemas de estereofotogrametria, bem como a Diferença das Médias (DM), o valor de p (Teste de t-Student, devido valores paramétricos), Média das Diferenças Absolutas (MDA), Correlação Intraclass (ICC) e valor de p da Correlação Intraclass (p do ICC).

A Tabela 4 apresenta os valores encontrados para diferentes operadores com o sistema portátil Vectra H1, trazendo os valores médios e DP das mesmas 34 distâncias, além da DM, o valor de p (Teste de t-Student, devido valores paramétricos, novamente), MDA e Erro Técnico de Medição (ETM).

Os Gráficos 1 ao 34 são de análise de concordância de Bland-Altman, referentes às 34 distâncias obtidas pelo sistema portátil Vectra H1 para todos os 30 participantes.

Tabela 3: Diferenças entre os sistemas Vectra M3 e H1, mesmo operador

Distâncias	Vectra M3		Vectra H1		DM	<i>p</i>	MDA	ICC	<i>p</i> do ICC
	Média	DP	Média	DP					
T[r]-T[l]	142,13	8,62	141,66	8,44	0,46	0,83	0,79	0,99	< 0,0001
Zy[r]-Zy[l]	139,11	8,39	139,20	8,31	-0,09	0,95	0,31	0,99	< 0,0001
Go[r]-Go[l]	117,04	9,69	118,36	9,72	-1,31	0,57	1,38	0,98	< 0,0001
Ch[r]-Ch[l]	50,03	4,30	49,95	4,21	0,08	0,97	0,75	0,98	< 0,0001
Tr-N	70,65	8,95	70,53	8,96	0,12	0,94	0,37	0,99	< 0,0001
N-Sn	50,54	4,45	50,48	4,39	0,06	0,84	0,20	0,99	< 0,0001
Sn-Gn	65,29	5,26	64,95	5,12	0,34	0,84	0,56	0,99	< 0,0001
T[r]-Go[r]	59,40	5,96	59,57	6,09	-0,17	0,90	0,70	0,98	< 0,0001
T[l]-Go[l]	60,12	6,53	60,60	6,76	-0,48	0,75	0,57	0,99	< 0,0001
N-T[r]	117,71	6,21	117,18	6,19	0,53	0,75	0,55	0,99	< 0,0001
N-T[l]	116,78	6,80	116,58	6,77	0,20	0,86	0,29	0,99	< 0,0001
Sn-T[r]	122,11	6,65	121,71	6,58	0,40	0,78	0,40	0,99	< 0,0001
Sn-T[l]	122,12	7,05	122,16	7,04	-0,04	0,98	0,29	0,99	< 0,0001
Pg-T[r]	137,59	8,43	137,25	8,27	0,34	0,89	0,59	0,99	< 0,0001
Pg-T[l]	137,63	8,32	137,70	8,39	-0,07	1,00	0,37	0,99	< 0,0001
Pg-Go[r]	95,48	7,44	94,70	7,17	0,78	0,68	0,78	0,98	< 0,0001
Pg-Go[l]	96,08	6,15	95,45	6,06	0,63	0,70	0,86	0,98	< 0,0001
Ft[r]-Ft[l]	110,59	5,54	110,48	5,56	0,11	0,90	0,26	0,99	< 0,0001
Al[r]-Al[l]	35,05	3,81	35,20	3,87	-0,15	0,89	0,44	0,98	< 0,0001
Cph[r]-Cph[l]	12,56	2,13	12,45	2,09	0,11	0,58	0,26	0,96	< 0,0001
Sn-Ls	16,32	1,99	16,09	1,96	0,23	0,52	0,37	0,95	< 0,0001
Ls-Sto	7,82	1,59	8,31	1,76	-0,49	0,30	0,62	0,91	< 0,0001
Sn-Sto	22,90	2,13	23,15	2,09	-0,25	0,67	0,50	0,94	< 0,0001
Li-Sl	10,17	2,25	10,06	2,30	0,11	0,91	0,31	0,97	< 0,0001
Sto-Li	10,12	2,00	9,85	2,01	0,27	0,53	0,50	0,94	< 0,0001
Ex[r]-Ex[l]	87,93	4,81	89,58	4,74	-1,65	0,18	1,70	0,91	< 0,0001
En[r]-En[l]	33,05	3,46	32,96	3,36	0,09	0,88	0,29	0,98	< 0,0001
En-Ex	28,23	1,57	29,41	1,58	-1,18	0,01	1,18	0,68	< 0,0001
N-Prn	44,62	4,99	44,52	4,98	0,10	0,89	0,17	0,99	< 0,0001
Prn-Sn	17,55	1,55	17,47	1,56	0,08	0,93	0,13	0,98	< 0,0001
Sl-Gn	24,36	3,16	24,22	3,12	0,14	0,74	0,34	0,98	< 0,0001
Tr-Gn	182,98	11,59	182,55	11,83	0,43	0,87	0,62	0,99	< 0,0001
Sto-Gn	42,62	3,94	42,06	3,70	0,56	0,57	0,64	0,97	< 0,0001
Chk[r]-Chk[l]	83,07	5,55	82,79	5,46	0,28	0,78	0,58	0,98	< 0,0001

NOTA. Valores de *p* obtidos pelo Teste t-Student (*p* > . 05).

Tabela 4: Diferenças entre operadores no sistema portátil Vectra H1

Distâncias	1 Operador H1		2 Operador H1		DM	p	MDA	ETM
	Média	DP	Média	DP				
T[r]-T[l]	141,68	8,43	141,66	8,44	0,02	0,98	0,02	0,00
Zy[r]-Zy[l]	139,23	8,32	139,20	8,31	0,03	0,99	0,05	0,13
Go[r]-Go[l]	118,32	9,71	118,36	9,72	-0,04	0,99	0,05	0,02
Ch[r]-Ch[l]	50,55	3,80	50,15	4,16	0,40	0,70	0,74	3,05
Tr-N	70,57	9,02	70,53	8,96	0,04	0,99	0,09	0,06
N-Sn	50,46	4,40	50,48	4,39	-0,02	0,93	0,11	0,09
Sn-Gn	64,90	5,11	64,95	5,12	-0,05	0,94	0,14	0,20
T[r]-Go[r]	59,61	6,07	59,57	6,09	0,04	1,00	0,10	0,10
T[l]-Go[l]	60,60	6,80	60,60	6,76	0,00	0,97	0,09	0,05
N-T[r]	117,22	6,22	117,18	6,19	0,04	0,98	0,06	0,03
N-T[l]	116,59	6,72	116,58	6,77	0,01	1,00	0,07	0,03
Sn-T[r]	121,71	6,60	121,71	6,58	0,00	0,98	0,08	0,06
Sn-T[l]	122,18	7,01	122,16	7,04	0,02	0,97	0,07	0,03
Pg-T[r]	137,23	8,26	137,25	8,27	-0,01	0,98	0,07	0,05
Pg-T[l]	137,71	8,38	137,70	8,39	0,01	1,00	0,07	0,03
Pg-Go[r]	94,67	7,20	94,70	7,17	-0,03	1,00	0,06	0,03
Pg-Go[l]	95,49	6,09	95,45	6,06	0,03	1,00	0,08	0,06
Ft[r]-Ft[l]	110,50	5,53	110,48	5,56	0,02	0,98	0,08	0,04
Al[r]-Al[l]	35,18	3,87	35,20	3,87	-0,02	1,00	0,02	0,01
Cph[r]-Cph[l]	12,46	2,05	12,45	2,09	0,01	0,90	0,10	0,09
Sn-Ls	16,02	1,92	16,09	1,96	-0,07	0,95	0,13	0,16
Ls-Sto	8,27	1,72	8,31	1,76	-0,04	0,94	0,15	0,17
Sn-Sto	23,09	2,07	23,15	2,09	-0,06	0,85	0,13	0,14
Li-Sl	10,03	2,20	10,06	2,30	-0,03	0,86	0,17	0,33
Sto-Li	9,91	1,84	9,85	2,01	0,07	0,80	0,23	0,55
Ex[r]-Ex[l]	89,93	4,75	89,54	4,76	0,38	0,87	0,44	1,23
En[r]-En[l]	32,56	3,30	32,97	3,36	-0,41	0,59	0,45	1,38
En-Ex	29,81	1,53	29,37	1,56	0,44	0,43	0,46	1,33
N-Prn	44,52	4,99	44,52	4,98	0,00	0,98	0,04	0,02
Prn-Sn	17,48	1,56	17,47	1,56	0,01	0,94	0,10	0,06
Sl-Gn	24,16	3,21	24,22	3,12	-0,06	0,87	0,15	0,28
Tr-Gn	182,54	11,88	182,55	11,83	-0,01	0,99	0,15	0,21
Sto-Gn	42,06	3,70	42,06	3,70	0,00	0,97	0,16	0,21
Chk[r]-Chk[l]	82,84	5,48	82,79	5,46	0,05	0,96	0,08	0,12

NOTA. Valores de p obtidos pelo Teste t-Student ($p > .05$).

Gráfico 1: Método de Bland-Altman para análise de concordância dos valores de distâncias lineares entre os pontos de referência T[r] e T[l] em participantes apresentados pelo sistema portátil Vectra H1

Gráfico 2: Método de Bland-Altman para análise de concordância dos valores de distâncias lineares entre os pontos de referência Zy[r] e Zy[l] em participantes apresentados pelo sistema portátil Vectra H1

Gráfico 3: Método de Bland-Altman para análise de concordância dos valores de distâncias lineares entre os pontos de referência Go[r] e Go[l] em participantes apresentados pelo sistema portátil Vectra H1

Gráfico 4: Método de Bland-Altman para análise de concordância dos valores de distâncias lineares entre os pontos de referência Ch[r] e Ch[l] em participantes apresentados pelo sistema portátil Vectra H1

Gráfico 5: Método de Bland-Altman para análise de concordância dos valores de distâncias lineares entre os pontos de referência Tr e N em participantes apresentados pelo sistema portátil Vectra H1

Gráfico 6: Método de Bland-Altman para análise de concordância dos valores de distâncias lineares entre os pontos de referência N e Sn em participantes apresentados pelo sistema portátil Vectra H1

Gráfico 7: Método de Bland-Altman para análise de concordância dos valores de distâncias lineares entre os pontos de referência Sn e Gn em participantes apresentados pelo sistema portátil Vectra H1

Gráfico 8: Método de Bland-Altman para análise de concordância dos valores de distâncias lineares entre os pontos de referência T[r] e Go[r] em participantes apresentados pelo sistema portátil Vectra H1

Gráfico 9: Método de Bland-Altman para análise de concordância dos valores de distâncias lineares entre os pontos de referência T[l] e Go[l] em participantes apresentados pelo sistema portátil Vectra H1

Gráfico 10: Método de Bland-Altman para análise de concordância dos valores de distâncias lineares entre os pontos de referência N e T[r] em participantes apresentados pelo sistema portátil Vectra H1

Gráfico 11: Método de Bland-Altman para análise de concordância dos valores de distâncias lineares entre os pontos de referência N e T[l] em participantes apresentados pelo sistema portátil Vectra H1

Gráfico 12: Método de Bland-Altman para análise de concordância dos valores de distâncias lineares entre os pontos de referência Sn e T[r] em participantes apresentados pelo sistema portátil Vectra H1

Gráfico 13: Método de Bland-Altman para análise de concordância dos valores de distâncias lineares entre os pontos de referência Sn e T[l] em participantes apresentados pelo sistema portátil Vectra H1

Gráfico 14: Método de Bland-Altman para análise de concordância dos valores de distâncias lineares entre os pontos de referência Pg e T[r] em participantes apresentados pelo sistema portátil Vectra H1

Gráfico 15: Método de Bland-Altman para análise de concordância dos valores de distâncias lineares entre os pontos de referência Pg e T[l] em participantes apresentados pelo sistema portátil Vectra H1

Gráfico 16: Método de Bland-Altman para análise de concordância dos valores de distâncias lineares entre os pontos de referência Pg e Go[r] em participantes apresentados pelo sistema portátil Vectra H1

Gráfico 17: Método de Bland-Altman para análise de concordância dos valores de distâncias lineares entre os pontos de referência Pg e Go[l] em participantes apresentados pelo sistema portátil Vectra H1

Gráfico 18: Método de Bland-Altman para análise de concordância dos valores de distâncias lineares entre os pontos de referência Ft[r] e Ft[l] em participantes apresentados pelo sistema portátil Vectra H1

Gráfico 19: Método de Bland-Altman para análise de concordância dos valores de distâncias lineares entre os pontos de referência Al[r] e Al[l] em participantes apresentados pelo sistema portátil Vectra H1

Gráfico 20: Método de Bland-Altman para análise de concordância dos valores de distâncias lineares entre os pontos de referência Cph[r] e Cph[l] em participantes apresentados pelo sistema portátil Vectra H1

Gráfico 21: Método de Bland-Altman para análise de concordância dos valores de distâncias lineares entre os pontos de referência Sn e Ls em participantes apresentados pelo sistema portátil Vectra H1

Gráfico 22: Método de Bland-Altman para análise de concordância dos valores de distâncias lineares entre os pontos de referência Ls e Sto em participantes apresentados pelo sistema portátil Vectra H1

Gráfico 23: Método de Bland-Altman para análise de concordância dos valores de distâncias lineares entre os pontos de referência Sn e Sto em participantes apresentados pelo sistema portátil Vectra H1

Gráfico 24: Método de Bland-Altman para análise de concordância dos valores de distâncias lineares entre os pontos de referência Li e SI em participantes apresentados pelo sistema portátil Vectra H1

Gráfico 25: Método de Bland-Altman para análise de concordância dos valores de distâncias lineares entre os pontos de referência Sto e Li em participantes apresentados pelo sistema portátil Vectra H1

Gráfico 26: Método de Bland-Altman para análise de concordância dos valores de distâncias lineares entre os pontos de referência Ex[r] e Ex[l] em participantes apresentados pelo sistema portátil Vectra H1

Gráfico 27: Método de Bland-Altman para análise de concordância dos valores de distâncias lineares entre os pontos de referência En[r] e En[l] em participantes apresentados pelo sistema portátil Vectra H1

Gráfico 28: Método de Bland-Altman para análise de concordância dos valores de distâncias lineares entre os pontos de referência En e Ex em participantes apresentados pelo sistema portátil Vectra H1

Gráfico 29: Método de Bland-Altman para análise de concordância dos valores de distâncias lineares entre os pontos de referência N e Prn em participantes apresentados pelo sistema portátil Vectra H1

Gráfico 30: Método de Bland-Altman para análise de concordância dos valores de distâncias lineares entre os pontos de referência Prn e Sn em participantes apresentados pelo sistema portátil Vectra H1

Gráfico 31: Método de Bland-Altman para análise de concordância dos valores de distâncias lineares entre os pontos de referência SI e Gn em participantes apresentados pelo sistema portátil Vectra H1

Gráfico 32: Método de Bland-Altman para análise de concordância dos valores de distâncias lineares entre os pontos de referência Tr e Gn em participantes apresentados pelo sistema portátil Vectra H1

Gráfico 33: Método de Bland-Altman para análise de concordância dos valores de distâncias lineares entre os pontos de referência Sto e Gn em participantes apresentados pelo sistema portátil Vectra H1

Gráfico 34: Método de Bland-Altman para análise de concordância dos valores de distâncias lineares entre os pontos de referência Chk[r] e Chk[l] em participantes apresentados pelo sistema portátil Vectra H1

Resultados do cubo

As Tabelas 5 e 6 apresentam ângulos retos em faces livres e com arestas, respectivamente. Os Gráficos 35 e 37 de Bland-Altman são referentes a tais medidas obtidas pelo sistema portátil Vectra H1. Abaixo de cada Gráfico de Bland-Altman, encontram-se gráficos referentes ao posicionamento de cada valor de ângulo de cada imagem obtido pelos dois sistemas de estereofotogrametria (Gráficos 37 e 38). Estes gráficos ilustram de uma maneira clara a proximidade de cada medida com o valor real referente ao gabarito junto ao cubo, porém não foram elaborados com o intuito de representar valores estatísticos.

Tabela 5: Valores obtidos em ângulos retos em faces livres, em ambos sistemas de estereofotogrametria, para o mesmo operador

Ângulos	H1 (valor em graus)	M3 (valor em graus)
90°, pontos 2-3-6	90,09	89,92
90°, pontos 2-1-4	89,94	90,09
90°, pontos 4-7-8	90,12	89,94
90°, pontos 8-9-6	89,82	90,05
90°, pontos 15-12-11	89,43	89,87
90°, pontos 11-10-13	90,32	90,21
90°, pontos 13-16-17	89,69	89,82
90°, pontos 18-18-15	90,56	90,10
90°, pontos 24-21-20	90,27	90,18
90°, pontos 20-19-22	89,98	89,88
90°, pontos 22-25-26	89,87	90,04
90°, pontos 26-27-24	89,87	89,90
Média	90,00	90,00
DP	0,30	0,13
Mínimo	89,43	89,82
Máximo	90,56	90,21
ERM	0,22	0,22
DM		0,00
MDA		0,20

* Conforme Figuras 21 e 22, em Materiais e Método.

Gráfico 35: Método de Bland-Altman para análise de concordância dos valores de ângulos retos obtidos em áreas lisas (sem arestas) apresentados pelo sistema portátil Vectra H1

Gráfico 36: representação da localização dos valores obtidos em áreas lisas (sem arestas) em ambos sistemas de estereofotogrametria em relação à medida real de 90°

Como a média dos ângulos obtidos por ambos sistemas de estereofotogrametria foi de 90° (ver Tabela 5), não foram inseridas linhas de representação destas médias neste último gráfico, pois ambas estariam igualmente localizadas no eixo de 90° .

Tabela 6: Valores obtidos em ângulos retos incluindo arestas, em ambos sistemas de estereofotogrametria, uma imagem do cubo para cada sistema, para o mesmo operador

Ângulo	H1	M3
1	91,23	91,02
2	90,88	90,79
3	90,69	90,57
4	91,18	90,66
5	91,33	90,69
6	91,22	90,29
7	90,16	90,18
8	91,02	90,79
Média	90,97	90,62
DP	0,39	0,27
Mínimo	90,16	90,18
Máximo	91,33	91,02
ERM	1,06	1,07
MAD	0,97	
DM	0,35	

Gráfico 37: Método de Bland-Altman para os valores de ângulos retos obtidos em áreas com arestas apresentados pelo sistema portátil Vectra H1

Gráfico 38: Representação da localização dos valores obtidos em áreas que incluem arestas em ambos sistemas de estereofotogrametria em relação à medida real de 90°

Neste caso, as médias dos valores obtidos por ambos Sistemas foi de 90,97° para o sistema portátil Vectra H1 e 90,62° para o sistema fixo Vectra M3 (Tabela 6). Desta maneira, o gráfico acima pode trazer as linhas referentes à média de cada um, comparada com a linha referente ao valor real de 90°.

A Tabela 7 traz os valores obtidos em duas imagens distintas captadas pelo sistema portátil Vectra H1, sendo seguida pelo Gráfico 39, descritivo das posições dos valores obtidos para cada ângulo. Os pontos pretos são referentes aos resultados obtidos pela primeira captação Sistema Vectra H1, e os azuis, aos da segunda.

Tabela 7: Valores obtidos de ângulos de 90° sobre faces livres em 2 imagens distintas, Sistema Vectra H1, mesmo operador.

Ângulos	H1	
	1ª captura	2ª captura
90°, pontos 2-3-6	90,09	90,29
90°, pontos 2-1-4	89,94	89,78
90°, pontos 4-7-8	90,12	90,81
90°, pontos 8-9-6	89,82	90,89
90°, pontos 11-12-15	89,43	89,91
90°, pontos 11-10-13	90,32	90,10
90°, pontos 13-16-17	89,69	89,82
90°, pontos 17-18-15	90,56	90,06
90°, pontos 24-21-20	90,27	89,89
90°, pontos 20-19-22	89,98	90,13
90°, pontos 22-25-26	89,87	89,87
90°, pontos 26-27-24	89,87	90,06
Média	90,00	90,13
DP	0,30	0,37
Mínimo	89,43	89,78
Máximo	90,56	90,89
ERM	0,39	0,39
DM	-0,10	
MDA	0,35	
ETM	0,50	

Gráfico 39: Representação da localização dos valores obtidos de ângulos de 90° no sistema portátil Vectra H1 em duas capturas em relação ao ângulo real de 90°

A Tabela 8 agrupa áreas de 70cm^2 (valor real de referência) obtidas pelo sistema portátil Vectra H1 em faces livres, em duas imagens distintas, sendo seguida pelo Gráfico 40, que ilustra a posição de cada ponto em relação à medida real (linha preta contínua).

Tabela 8: Valores obtidos de áreas de 24,5cm² sobre faces livres, em ambos sistemas de estereofotogrametria

Área real	H1	M3
24,5 cm ²	24,56	24,69
24,5 cm ²	24,52	24,67
24,5 cm ²	24,50	24,60
24,5 cm ²	24,53	24,62
24,5 cm ²	24,55	24,68
24,5 cm ²	24,55	24,65
24,5 cm ²	24,51	24,66
24,5 cm ²	24,49	24,70
24,5 cm ²	24,51	24,57
Média	24,52	24,62
Mínimo	24,48	24,53
Máximo	24,56	24,70
DP	0,03	0,06
ERM	0,42	0,42
MAD	0,10	

A Tabela 9 mostra os valores de áreas obtidas sobre áreas com arestas em 2 imagens distintas, também ambas pelo sistema portátil Vectra H1. Como existem apenas 3 arestas observadas, o número de áreas analisadas mostra-se reduzido. De qualquer maneira, alguns cálculos estatísticos, como Média, DP, valor de p e ETM puderam ser realizados. Importante ressaltar a presença do ETM, novamente presente em análise entre diferentes medidas, porém no mesmo equipamento.

Gráfico 40: Representação da localização dos valores obtidos de áreas de 70cm² no sistema portátil Vectra H1 em duas capturas em relação à área real de 70cm²

Tabela 9: Valores descritivos de áreas sobre faces livres em 2 imagens distintas, sistema portátil Vectra H1

Área real	H1	
	1ª captura	2ª captura
12 cm ² , centro	11,79	11,73
12 cm ² , topo	11,45	11,55
14 cm ² , esquerda/superior	13,68	13,65
14 cm ² , esquerda/direita	13,35	13,31
14 cm ² , direita/superior	13,41	13,50
112 cm ² , esquerda/superior	111,79	111,77
112 cm ² , esquerda/direita	111,37	111,45
112 cm ² , direita/superior	111,45	111,58
Média	49,78	49,82
DP	51,14	51,14
<i>p</i>		1
ETM		0,01

Após os resultados de ângulos e áreas, chegamos aos valores obtidos por medições lineares. A Tabela 10 mostra os valores obtidos para distâncias lineares sobre faces livres em 10 imagens, comparando ambos sistemas de estereofotogrametria. Na sequência, os gráficos 43, 45, 47, 49, 51, 53, 55 e 57 são de Bland-Altman, todos para as distâncias apresentadas pelo sistema portátil Vectra H1. Os Gráficos 42, 44, 46, 48, 50, 52, 54, 56 e 58 trazem os valores obtidos pelos sistemas Vectra H1 e M3, evidenciando as respectivas proximidades dos pontos pretos (referentes ao H1) e vermelhos (referentes ao M3) com os valores reais (linha preta fina). As linhas grossas referem-se às médias dos valores obtidos para cada distância, nas cores correspondentes a cada sistema de estereofotogrametria (preto para o Vectra H1 e vermelho para o Vectra M3). É importante ressaltar que, diferentemente dos gráficos anteriores que mostravam diferentes captações com o sistema portátil Vectra H1 (pontos pretos como primeira captura e pontos azuis, segunda), estes gráficos de representação da localização dos pontos comparam os dois sistemas de estereofotogrametria. A alternância entre Gráficos de dispersão de Bland-Altman e de representação de cada ponto em relação à medida real de referência se fez para agrupar os dados de cada Gráfico com as distâncias indicadas.

Tabela 10: Distâncias lineares sobre faces livres em 10 imagens, em ambos sistemas de estereofotogrametria

Distâncias	H1		M3		DM	MDA	ERM %
	Média	DP	Média	DP			
1 ao 3	69,72	0,04	70,15	0,08	-0,43	0,43	0,61
4 ao 6	69,73	0,05	70,16	0,04	-0,43	0,43	0,61
7 ao 9	69,72	0,05	70,16	0,06	-0,44	0,44	0,63
10 ao 12	70,06	0,14	70,52	0,06	-0,46	0,45	0,65
13 ao 15	70,08	0,10	70,38	0,08	-0,30	0,30	0,43
16 ao 18	70,06	0,05	70,17	0,09	-0,11	0,13	0,18
19 ao 21	69,76	0,06	70,14	0,07	-0,38	0,38	0,55
22 ao 24	69,76	0,07	70,14	0,04	-0,38	0,37	0,53
25 ao 27	69,80	0,08	70,16	0,05	-0,36	0,36	0,52

Gráfico 41: Método de Bland-Altman para distâncias entre os pontos 1 e 3 para imagens captadas pelo sistema portátil Vectra H1

Gráfico 42: Representação da localização dos pontos referentes às distâncias obtidas em ambos sistemas de estereofotogrametria em relação à medida real da distância dos pontos 1 ao 3

Gráfico 43: Método de Bland-Altman para distâncias entre os pontos 4 e 6 para imagens captadas pelo sistema portátil Vectra H1

Gráfico 44: Representação da localização dos pontos referentes às distâncias obtidas em ambos sistemas de estereofotogrametria em relação à medida real da distância dos pontos 4 ao 6

Gráfico 45: Método de Bland-Altman para distâncias entre os pontos 7 e 9 para imagens captadas pelo sistema portátil Vectra H1.

Gráfico 46: Representação da localização dos pontos referentes às distâncias obtidas em ambos sistemas de estereofotogrametria em relação à medida real da distância dos pontos 7 ao 9

Gráfico 47: Método de Bland-Altman para distâncias entre os pontos 10 e 12 para imagens captadas pelo sistema portátil Vectra H1

Gráfico 48: Representação da localização dos pontos referentes às distâncias obtidas em ambos sistemas de estereofotogrametria em relação à medida real da distância dos pontos 10 ao 12

Gráfico 49: Método de Bland-Altman para distâncias entre os pontos 13 e 15 para imagens captadas pelo sistema portátil Vectra H1

Gráfico 50: Representação da localização dos pontos referentes às distâncias obtidas em ambos sistemas de estereofotogrametria em relação à medida real da distância dos pontos 13 ao 15

Gráfico 51: Método de Bland-Altman para distâncias entre os pontos 16 e 18 para imagens captadas pelo sistema portátil Vectra H1

Gráfico 52: Representação da localização dos pontos referentes às distâncias obtidas em ambos sistemas de estereofotogrametria em relação à medida real da distância dos pontos 16 ao 18

Gráfico 53: Método de Bland-Altman para distâncias entre os pontos 19 e 21 para imagens captadas pelo sistema portátil Vectra H1

Gráfico 54: Representação da localização dos pontos referentes às distâncias obtidas em ambos sistemas de estereofotogrametria em relação à medida real da distância dos pontos 19 ao 21

Gráfico 55: Método de Bland-Altman para distâncias entre os pontos 22 e 24 para imagens captadas pelo sistema portátil Vectra H1

Gráfico 57: Método de Bland-Altman para distâncias entre os pontos 25 e 27 para imagens captadas pelo sistema portátil Vectra H1

Gráfico 58: representação da localização dos pontos referentes às distâncias obtidas em ambos sistemas de estereofotogrametria em relação à medida real da distância dos pontos 25 ao 27

As Tabelas 11 e 12 trazem o Erro Técnico de Medição (ETM) para diferentes capturas de distâncias lineares do cubo pelos sistemas de estereofotogrametria Vectra H1 e M3, respectivamente (teste de repetibilidade).

Tabela 11: Distâncias lineares em diferentes capturas do sistema portátil Vectra H1, trazendo o ETM para teste de repetibilidade de tal sistema

Distâncias	H1	
	1ª captura	2ª captura
1 ao 3	69,74	69,75
4 ao 6	69,73	69,77
7 ao 9	69,76	69,77
10 ao 12	70,17	70,20
13 ao 15	70,12	70,08
16 ao 18	70,00	70,09
19 ao 21	69,79	69,80
22 ao 24	69,83	69,82
25 ao 27	69,84	69,87
Média	69,89	69,91
DP	0,17	0,17
Mínimo	69,73	69,75
Máximo	70,17	70,20
ERM	0,04	0,04
DM	-0,02	
MDA	0,03	
ETM	0,00	

Tabela 12: Distâncias lineares em diferentes capturas do sistema fixo Vectra M3, trazendo o ETM para teste de repetibilidade de tal sistema

Distâncias	M3	
	1ª captura	2ª captura
1 ao 3	70,17	70,18
4 ao 6	70,17	70,15
7 ao 9	70,16	70,13
10 ao 12	70,54	70,49
13 ao 15	70,38	70,30
16 ao 18	70,19	70,13
19 ao 21	70,12	70,17
22 ao 24	70,12	70,13
25 ao 27	70,15	70,20
Média	70,22	70,21
DP	0,14	0,12
Mínimo	70,12	70,13
Máximo	70,54	70,49
ERM	0,06	0,06
DM	0,01	
MDA	0,04	
ETM	0,00	

Por fim, a Tabela 13 traz as distâncias lineares entre os pontos de cada superfície sobreposta, ambas imagens captadas pelo sistema portátil Vectra H1. Os pontos referentes à primeira imagem possuem a letra "a" em frente ao número correspondente, e os pontos relativos à segunda aquisição, possuem a letra "b". Não foram realizadas sobreposições entre imagens captadas pelo Vectra H1 e Vectra M3 (tanto para participantes como para cubo), pois após tentativa de realização deste procedimento, o Software comunicava erro na ação. Apesar de ser o mesmo Software utilizado em ambos sistemas, as versões não eram idênticas, podendo ser este o motivo da impossibilidade de sobrepor as imagens obtidas pelos diferentes sistemas. Os primeiros valores de Mínimo, Máximo, Média, Mediana e DP foram calculados baseados nos valores obtidos das distâncias lineares entre os pontos de cada superfície,

possuindo, assim, a palavra "pontos" em frente ao referido termo. Os valores de Mínimo, Máximo, Média, Mediana e DP que seguem são seguidos do termo "superfícies", pois foram calculados diretamente pelo Software do Sistema Vectra H1, tomando como base toda a área de superfície selecionada. Por esta razão há a presença de valor negativo em "Mínimo": o Software diferencia valores positivos e negativos de acordo com a sobreposição das imagens, onde o valor apresenta-se como positivo quanto a primeira imagem possui dimensão maior que a segunda e vice-versa. Ao analisarmos separadamente a distância entre os pontos, o Software mostra a distância sempre em valores positivos.

Tabela 13: Distâncias em milímetros entre os pontos de cada superfície após sobreposição de duas imagens do cubo do captadas pelo sistema portátil Vectra H1

Pontos	Distância
1a-1b	0,06
2a-2b	0,04
3a-3b	0,04
4a-4b	0,06
5a-5b	0,06
6a-6b	0,03
7a-7b	0,01
8a-8b	0,07
9a-9b	0,02
10a-10b	0,16
11a-11b	0,16
12a-12b	0,18
13a-13b	0,15
14a-14b	0,11
15a-15b	0,09
16a-16b	0,07
17a-17b	0,07
18a-18a	0,11
19a-19b	0,02
20a-20b	0,01
21a-21b	0,05
22a-22b	0,02
23a-23b	0,04
24a-24b	0,07
25a-25b	0,06
26a-26b	0,07
27a-27b	0,07
Mínimo-pontos	0,01
Máximo-pontos	0,18
Média-pontos	0,07
Mediana-pontos	0,06
DP-pontos	0,08
Mínimo-superfícies	-0,15
Máximo-superfícies	0,23
Média-superfícies	0,00
Mediana-superfícies	0,00
DP-superfícies	0,02

DISCUSSÃO

Enquanto a antropometria direta sempre foi aceita como padrão ouro na análise facial por sua simplicidade e baixo custo, a necessidade de emprego de maior tempo clínico e examinadores muito bem treinados aparecia como uma dificuldade.^{15,46,47} A estereofotogrametria apresenta-se como uma possibilidade segura, não-invasiva e livre de radiação ionizante em estudos longitudinais.⁵⁴

Diversos trabalhos apresentam resultados promissores do uso desta técnica, porém o uso de terminologias inconstantes e emprego de diferentes testes estatísticos para análise de erros são um desafio. A comparação entre sistemas, sejam eles quais foram, torna-se mais dificultosa quando não há padronização nos delineamentos experimentais. A literatura apresenta estudos que baseiam suas análises na distância entre pontos de referência,^{27,65,79} mas também em medidas angulares,^{55,65,71} medidas lineares^{2,72-74} e em mapas que realçam diferenças morfológicas entre superfícies por meio de emprego de cores.^{51,75,76}

O uso de objetos inanimados, que possui a vantagem de não produzir interferências de movimentos involuntários, foi feito em estudos anteriores.^{12,59,73,75,77} Esta foi a razão para também termos adotado modelo inanimado em parte deste trabalho: evitar que alterações em tecido mole advindas de movimentos involuntários pudessem alterar os resultados de modo que tais diferenças fossem indevidamente interpretadas como imprecisões dos sistemas de estereofotogrametria. Isto torna compreensível a obtenção de resultados mais precisos quando analisadas distâncias em objetos inanimados em comparação com seres humanos. É importante ter pleno conhecimento das peculiaridades de cada equipamento utilizado e ter controle do participante durante a captação das imagens,^{61,71} de forma a minimizar possíveis erros advindos de movimentação inadvertida dos tecidos moles por parte do participante.

Erros na identificação dos pontos de referência e na captação das imagens são as principais fontes de erro na técnica da estereofotogrametria.⁷⁸ Como a proposta do presente estudo foca em avaliar a precisão do sistema portátil Vectra H1 e não a precisão de marcação do operador, as imagens captadas por este sistema e pelo sistema fixo Vectra M3 foram sob a mesma marcação de pontos de referência, tanto nos participantes quando no objeto cúbico. Desta forma, eventuais discrepâncias nas distâncias obtidas decorreram de imprecisões na captação das imagens, ou durante o

procedimento de análise em Software. Em outras palavras, marcações de pontos de referência em momentos distintos agregariam diferenças entre medições não relacionadas com a precisão de cada sistema de estereofotogrametria em si, e sim do operador. Com isso, se faria necessário separar quais erros teriam sido advindos de erros do operador e quais seriam resultantes de imprecisões dos sistemas. Outra razão para a realização das imagens dos participantes no mesmo momento para ambos sistemas foi para evitar que efeitos da idade, alteração de peso e postura pudessem gerar discrepâncias nas medidas.^{40,79,80}

Diferentes limites de erro de precisão são utilizados na literatura. Metzger⁸¹ considerou 3mm como o limite aceitável para erros, enquanto Weinberg¹¹ e Moshkelgosha & Shamsa⁸² utilizaram como referência erros de até 2mm ou 2 unidades da medida utilizada. Aldridge,²⁷ de Menezes² e Dindaroglu⁵⁵ definiram o limite de erro de precisão em apenas 1mm. Lübbers e colegas⁷⁹ apontaram que mesmo um observador mais experiente não é capaz de identificar sem auxílio de aparelhos diferenças de até 1,5mm na maioria das estruturas faciais. A distância que apresentou a maior diferença entre as médias das medidas entre ambos Sistemas foi a distância $Ex[r]-Ex[l]$, de 1,65mm. Os motivos para este achado são a dificuldade de captura da imagem nesta região pela presença de cílios e mudança de textura da imagem (pele e olhos). Como a marcação destes pontos é feita diretamente no computador, a falta de marcação prévia com delineador aumenta as chances de erro.² A distância com marcação prévia que apresentou maior diferença entre as médias foi $Go[r]-Go[l]$, de 1,31mm. A distância que apresentou a menor média das diferenças foi $Sn-T[l]$, de somente 0,04mm. A média das diferenças das medidas entre os dois sistemas de estereofotogrametria foi de 0,36mm para as medidas lineares obtidas nos participantes.

Quando as distâncias lineares do cubo foram comparadas entre os 2 sistemas, a menor média de diferença foi de 0,11mm e a maior de 0,46. A diferença média das medidas de cada sistema foi de 0,27mm, muito menor que todos limites propostos por quaisquer autores citados previamente.

Ao comparar as médias das distâncias lineares entre os dois sistemas de estereofotogrametria, nenhum resultado apresentou diferença estatisticamente significativa ($p>.05$). O Índice de Correlação Intraclass (ICC) manteve-se alto em todas as distâncias, consequentemente apresentando

valores de p de ICC extremamente baixos ($<0,0001$). Isto mostra alta correlação entre as médias das medidas entre ambos sistemas.

A MDA é comumente utilizada como uma estimativa de precisão.^{11,14} Novamente, $Ex[r]-Ex[l]$ foi a distância que apresentou valor mais alto, de 1,70. $Go[r]-Go[l]$ também foi a distância linear previamente definida por pontos de referência que apresentou maior valor de MDA, de 1,38.

Os valores de MDA acima descritos encontrados em nosso trabalho foi comparando-se os dois sistemas de estereofotogrametria. Quando observamos os valores de MDA para o sistema portátil Vectra H1 comparando-se os resultados obtidos por diferentes operadores, encontramos as distâncias $T[r]-T[l]$ e $Al[r]-Al[l]$ com os menores valores de MDA, de 0,02. A distância com maior valor de MDA foi $Ch[r]-Ch[l]$, de 0,74. Este resultado para $Ch[r]-Ch[l]$ (largura da boca) vai ao encontro do obtido por de Menezes,² que também encontrou o maior valor de MDA para esta distância. Porém, o valor que tal autor obteve foi ligeiramente maior, de 0,90, utilizando o sistema fixo Vectra M3.

O Erro Técnico de Medição (ETM) foi obtido apenas em comparações entre medidas do mesmo aparelho. Alguns trabalhos na literatura utilizam este teste estatístico para comparar medidas de aparelhos diferentes, porém esta prática não é unânime. Alguns estudos aplicam, de fato, o ETM, mas para mesmas medidas no mesmo aparelho avaliado.^{2,71,77} Segundo Perini,⁸⁷ o ETM só se aplicaria à medida realizada e ao equipamento utilizado. Ou seja, os resultados de ETM deveriam ser relacionados apenas a medidas iguais no mesmo aparelho, não entre dois aparelhos diferentes. Por este motivo, o ETM foi utilizado neste trabalho apenas ao comparar as mesmas medidas no mesmo aparelho em capturas diferentes. Os maiores valores de ETM foram encontrados para distâncias lineares que são obtidas por meio de pontos marcados diretamente no computador, a saber: $Ch[r]-Ch[l]$ (ETM= 3,05), $Ex[r]-Ex[l]$ (ETM= 1,23) e $En-Ex$ (ETM= 1,33). O maior valor de ETM para uma distância definida por pontos de referência marcados diretamente no rosto do participante foi $Li-Sl$, de apenas 0,33. O menor valor de ETM encontrado foi para $T[r]-T[l]$, de 0,00. De Menezes² fez este mesmo teste estatístico entre operadores, porém com o sistema fixo Vectra M3. De Menezes encontrou o maior valor de ETM para $Ch[r]-Ch[l]$, de 0,81, e o menor valor de ETM para

Zy[r]-Zy[l], de 0,05. É importante ressaltar que de Menezes avaliou 16 distâncias em seu trabalho, o que limita comparações com o presente estudo.

Os gráficos 45, 47, 49, 51, 53, 55, 57, 59 e 61 apresentam pontos referentes às medidas encontradas em ambos sistemas de estereofotogrametria em relação à uma linha central, referente ao valor real de 70mm. As médias das distâncias apresentadas pelo sistema fixo Vectra M3 foram mais precisas em todas as distâncias analisadas nas faces direita e esquerda do cubo. Entretanto, as médias das distâncias apresentadas pelo sistema portátil Vectra H1 foram mais próximas das medidas reais na face superior do cubo.

Independentemente desta diferença (medidas mais precisas no sistema fixo Vectra M3 nas faces laterais e medidas mais precisas no sistema portátil Vectra H1 na face superior), pode-se observar que as médias de todas as medidas lineares apresentadas pelo sistema fixo Vectra M3 foram maiores que as médias apresentadas pelo sistema portátil Vectra H1. Contudo, como salientado previamente, os valores mostraram-se sempre muito pequenos: em média, 0,27mm menores.

Camison e colaboradores⁶⁷ realizaram no fim de 2017 um trabalho de igual finalidade à da presente Tese. Os autores compararam o sistema portátil vectra H1 com outro fixo, já estabelecido na literatura. Começaram o trabalho com 26 participantes, porém puderam analisar apenas 23 deles, devido à falha de captação de pontos de referência próximos às orelhas. Apesar de não citarem quais pontos de referência, imaginamos tratar-se dos *landmarks* T[r]-T[l], visto que também notamos necessidade de cuidado especial com a captura destas regiões, muito próximas do limite de captação dos sistemas. Em nosso estudo, após a captação de cada imagem, tomamos tempo para verificar se todos os pontos de referência tinham sido, de fato, corretamente captados por cada sistema. Desta maneira, não tivemos o infortúnio de diminuir o *n* amostral, realizando novas imagens sempre que necessário. Dentre os testes estatísticos utilizados por Camison,⁶⁷ um deles foi o mesmo realizado em nosso trabalho: o ETM. Entretanto, Camison e colaboradores utilizaram tal teste para comparar medidas entre os dois sistemas de estereofotogrametria. Conforme explicado anteriormente, o ETM foi realizado em nosso trabalho somente em comparações de medidas iguais no mesmo aparelho.

Um teste estatístico muito interessante de ser realizado, porém que não aparece no estudo de Camison,⁶⁷ é o teste de Bland-Altman. Segundo Hirakata,⁸⁴ a concordância entre métodos não é apropriadamente avaliada ao se utilizar o coeficiente de correlação, pois este não avalia concordância, apenas associação. Os autores sugerem que, quando o objetivo do estudo é analisar a concordância entre dois métodos, a utilização do teste de Bland-Altman é recomendada.

Os gráficos deste trabalho referentes ao teste de Bland-Altman para as distâncias lineares de participantes com o sistema portátil Vectra H1 são os de número 1 ao 34. Os gráficos de Bland-Altman para o cubo são os de número 35 e 37 para valores angulares e 41, 43, 45, 47, 49, 51, 53 e 55 para os valores das distâncias lineares. Os valores indicam o intervalo em que se encontram 95% das medidas feitas pelo operador.

Todos os Gráficos de dispersão Bland-Altman das medidas realizadas nos participantes mostram dispersões precisas. Entretanto, o Gráfico 9, de distância T[I]-Go[I] foi o que indicou maior precisão, com todos os pontos dispersos dentro do intervalo de confiança (único caso para distâncias verificadas em participantes). O fato de ser comum a presença de um ou mais pontos fora deste intervalo não significa que ocorreu baixa concordância, pois o intervalo é extremamente curto. Pontos fora dos limites (*outliers*) podem indicar algum equívoco durante o processo de aquisição da imagem, como movimentação do participante.

Os gráficos de Bland-Altman para distâncias obtidas no cubo não mostram dispersão no sentido horizontal porque as medidas eram sempre as mesmas (70mm). Os Gráficos 41, 47 e 49 de dispersão de Bland-Altman trazem 1 ponto, cada, fora do intervalo de confiança. Estas distâncias são referentes à região distal da face direita e todas as 3 distâncias da face superior do cubo. Os Gráficos 43, 45, 53, 55 e 57 representam as distâncias média e medial da face direita e todas as 3 distâncias da face esquerda do cubo. Isto sugere que o sistema portátil Vectra H1 apresentou maior confiabilidade nas distâncias medidas nas faces laterais do cubo. Entretanto, a presença de 1 único ponto fora do intervalo de confiança não é o suficiente para definir tal sistema como impreciso para leitura da face superior do cubo ou da região distal da face direita do mesmo. É essencial ressaltar que estamos lidando com um intervalo de precisão extremamente curto, onde diferenças

plenamente aceitáveis clinicamente podem ser expressas por estes pontos divergentes, dando falsa ideia de imprecisão. Os padrões de precisão estabelecidos foram notavelmente altos, de modo a verificar a mais sutil das imprecisões.

Codari⁵³ utilizou o gráfico de dispersão de Bland-Altman em seu estudo, onde avaliou a simetria de terços faciais de pacientes com paralisia facial utilizando o sistema fixo Vectra M3. O autor e seus colaboradores utilizaram Bland-Altman para análise de repetibilidade de terços inferior, médio e superior direitos e esquerdos da face, bem como toda a superfície da face (total de 7 gráficos). Em todos os terços, a linha contínua referente à média das medidas se manteve constantemente próxima ao valor 0, o que indica ausência de erros sistemáticos. Em nosso estudo, a grande maioria dos gráficos de dispersão de Bland-Altman para as distâncias obtidas pelo sistema portátil Vectra H1 apresentam, também, a linha contínua referente à média dos valores das medidas próximo a zero, porém com algumas exceções. As distâncias T[r]-T[l], N-T[r], Pg-Go-[r], Pg-Go[l] e Sto-Gn apresentaram linha contínua média deslocada em valor superior a 0,5mm, porém menor que 1,0mm. As distâncias Go[r]-Go[l] e En-Ex trazem a linha contínua média entre 1,0mm e 1,5. Por fim, a distância Ex[r]-Ex[l] teve a linha contínua média acima de 1,5mm (porém, menor que 2,0mm). Todas as outras 26 distâncias apresentaram tal linha entre 0,0mm e 0,5mm.

Todas estas distâncias destacadas acima possuem algum fator potencialmente influenciável na maior probabilidade de ser encontrado algum erro sistemático em suas medidas. As distâncias T[r]-T[l], N-T[r], Pg-Go-[r], Pg-Go[l] e Go[r]-Go[l] compreendem regiões amplas no sentido horizontal. A análise estatística do cubo demonstrou que, apesar de haver precisão satisfatória nas regiões mais distantes do centro da imagem, há uma tendência (mesmo que leve) a distorções. As distâncias Sto-Gn e Ex[r]-Ex[l] são obtidas por pontos de referência não marcados diretamente no participante (Sto e Ex), além de serem regiões rotineiramente difíceis de serem corretamente marcadas no computador. O ponto de referência Sto muitas vezes tem sua marcação dificultada por falta de selamento labial efetivo na região central dos lábios. Já a região de canto externo dos olhos é de difícil leitura por ambos sistemas de estereofotogrametria, pois há convergência das pálpebras superior e inferior, bem como presença dos cílios. Estas peculiaridades podem explicar

a razão de termos obtido maiores desvios da linha contínua média em relação ao valor zero.

Quanto aos resultados obtidos por análises do cubo, pode-se observar que as medidas angulares em faces livres apresentou resultados extremamente precisos para ambos sistemas, com médias de 90° tanto para o Vectra H1, quanto para o Vectra M3. O Gráfico 36 ilustra cada ponto obtido pelos dois Sistemas, evidenciando uma dispersão homogênea entre os valores apresentados pelos dois aparelhos. O ERM foi de 0,22, tanto para o Vectra H1 quanto para o Vectra M3, e a MDA foi de apenas 0,2. O DP foi pequeno para os dois sistemas, porém notavelmente pequeno para o Vectra M3: somente 0,13. O Gráfico de dispersão de Bland-Altman (Gráfico 35) mostra que todos os valores apresentados pelo sistema portátil Vectra H1 encontram-se dentro do intervalo de confiança, o que demonstra excelente repetibilidade. A linha contínua média (Bias) encontra-se extremamente próxima ao valor 0, indicando não haver erro sistemático. Duas imagens distintas foram captadas pelo sistema portátil Vectra H1 para realizar-se o Teste de Dahlberg (ETM), obtendo-se o valor 0,50, indicando erro pequeno (Tabela 7). O Gráfico 39 mostra a representação da localização dos valores obtidos de ângulos de 90° no sistema portátil Vectra H1 em duas capturas em relação ao ângulo real de 90° .

Os ângulos obtidos em áreas com arestas também apresentaram resultados precisos. A média apresentada pelo Vectra H1 foi de 90,97, ligeiramente maior que a do Vectra M3, de 90,62. Os valores de ERM também foram satisfatórios (1,06 para H1 e 1,07 para M3), com a MDA de apenas 0,97. O Gráfico 37 de dispersão Bland-Altman mostra, também para os valores referentes a ângulos de 90° em áreas com aresta, todos os pontos dentro do intervalo de confiança. A linha contínua média (Bias) não está tão próxima ao valor 0, como ocorreu com os valores para ângulos retos em áreas sem arestas, entretanto, continuou notavelmente próxima ($< 0,5\text{mm}$).

A análise das distâncias lineares do cubo demonstram que para todas as medidas, as médias dos valores obtidos pelo sistema portátil Vectra H1 foi menor que aquelas apresentadas pelo sistema fixo Vectra M3. Para as 3 distâncias obtidas na face direita do cubo, os valores médios apresentados pelo Vectra M3 foi maior que o valor real de 70mm, e os valores médios do H1 foram menores que 70mm. As 3 médias apresentadas pelo Vectra M3 foram

mais próximas ao valor real de 70mm. Para as 3 distâncias da face superior do cubo, médias do Vectra M3 continuou sendo superior à do H1. Entretanto, estas 3 médias de distâncias foram mais próximas à dos valores reais no sistema portátil Vectra H1. Por fim, a face esquerda do cubo apresentou médias de distâncias de maneira similar à face direita: as 3 médias de distâncias obtidas pelo sistema fixo Vectra M3 foram maiores que aquelas apresentadas pelo Vectra H1, sendo, também, mais próximas do valor real de 70mm.

Observando individualmente os pontos referentes a cada distância obtida, percebe-se que não apenas as médias das distâncias apresentadas pelo sistema fixo Vectra M3 foram maiores que as do sistema portátil Vectra H1 nas faces laterais, mas a totalidade das distâncias foram maiores. Apenas na face superior pudemos observar "mistura" dos pontos (Gráfico 52), onde algumas distâncias obtidas pelo Vectra H1 foram maiores que outras do M3, particularmente na distância 16-18 (região da face superior mais próxima ao centro da imagem).

De maneira sucinta, podemos observar que o sistema fixo Vectra M3 foi mais eficiente em obter distâncias lineares nas faces laterais do cubo, enquanto o sistema portátil Vectra H1 obteve médias de distâncias mais próximas às distâncias reais na face superior do cubo. É interessante apontar que em todas as 9 distâncias analisadas o sistema fixo Vectra M3 apresentou valores médios maiores que o Vectra H1, sendo a distância 16-18 (face superior, mais próxima ao centro da imagem) a região em que os dois sistemas obtiveram resultados mais próximos entre si.

As Tabelas 11 e 12 mostram a repetibilidade dos sistemas Vectra H1 e M3, respectivamente. Para todas as distâncias de 70mm do cubo, o sistema portátil Vectra H1 obteve distâncias menores que o sistema fixo Vectra M3. As médias das distâncias foi levemente mais próxima do valor real de 70mm no H1, ainda que tal diferença tenha sido irrisória. Tal ocorrência sistemática de valores maiores para o M3 em relação ao H1 pode ser observada somente ao analisarmos o cubo, não havendo tal predominância ao analisar imagens dos participantes. Provavelmente, tal situação foi devida a pequenas alterações de posição de tecido mole entre as imagens. Por mais conscientes que os participantes estivessem quanto à necessidade de imobilidade durante o processo de captura de imagens, alterações mínimas de posição da cabeça e

leves contrações da musculatura de expressão facial e posição mandibular podem inserir pequenos erros durante a captura das imagens. Ambos sistemas de estereofotogrametria mostraram, portanto, excelente repetibilidade.

Ao observarmos a sobreposição de duas imagens distintas do cubo captadas pelo sistema portátil Vectra H1, podemos constatar que a distância entre os pontos foi sempre muito próxima. Os pontos que tiveram a menor distância entre as superfícies de imagens foram os pontos 7a-7b e 20a-20b: 0,01mm. Os pontos que apresentaram maior distância foram 12a-12b, de 0,18mm. Apesar de todas as distâncias serem extremamente diminutas (Média de apenas 0,07mm), pudemos notar que os pontos marcados na face superior do cubo tenderam a estar mais distantes entre si nas imagens sobrepostas, principalmente à medida que se afastavam da região mais anterior do cubo. Os pontos definidos nas faces laterais também apresentaram esta tendência: apresentar distancias um pouco maiores à medida que se afastam da região mais anterior do cubo.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos pela metodologia estabelecida, juntamente com a correlação com achados na Literatura, permitiram concluir que o sistema portátil Vectra H1 apresentou precisão e repetibilidade comparáveis com o sistema fixo Vectra M3, evidenciando sua capacidade de capturar imagens tridimensionais de modo eficaz, o que torna viável seu uso nas mais diversas aplicações clínicas. Sua natureza portátil certamente encontrará grande utilidade na obtenção de imagens tridimensionais precisas e replicáveis em situações onde os sujeitos analisados não possam se deslocar para locais que possuem sistemas de estereofotogrametria fixos, seja por questões sistêmicas, seja por questões de logística.

REFERÊNCIAS

1. Farkas L, Anthropometry of the Head and Face. 2a edição. New York: Raven Press; 1994, p.3-56.
2. de Menezes M, Rosati R, Ferrario VF, Sforza C. Accuracy and reproducibility of a 3-dimensional stereophotogrammetric imaging system. J Oral Maxillofac Surg. 2010 Sep;68(9):2129-35.
3. Hennessy RJ, McLearn S, Kinsella A, Waddington JL. Facial surface analysis by 3D laser scanning and geometric morphometrics in relation to sexual dimorphism in cerebral--craniofacial morphogenesis and cognitive function. J Anat. 2005 Sep;207(3):283-95.
4. Tollefson TT, Sykes JM. Computer imaging software for profile photograph analysis. Arch Facial Plast Surg. 2007 Mar-Apr;9(2):113-9.
5. Kochel J, Meyer-Marcotty P, Strnad F, Kochel M, Stellzig-Eisenhauer A. 3D soft tissue analysis--part 1: sagittal parameters. J Orofac Orthop. 2010 Jan;71(1):40-52.
6. Sforza C, Ferrario VF. Three-dimensional analysis of facial morphology: growth, development and aging of the orolabial region. Ital. J. Anat. Embryol., 2010;115: 141-145.
7. Smeets D, Claes P, Vandermeulen D, Clement JG. Objective 3D face recognition: Evolution, approaches and challenges. Forensic Sci Int. 2010 Sep 10;201(1-3):125-32.
8. Mutsvangwa TE, Veeraragoo M, Douglas TS. Precision assessment of stereo-photogrammetrically derived facial landmarks in infants. Ann Anat. 2011 Mar;193(2):100-5.

9. Ritz-Timme S, Gabriel P, Tutkuvienė J, Poppa P, Obertova Z, Gibelli D, De Angelis D, Ratnayake M, Rizgeliene R, Barkus A, Cattaneo C. Metric and morphological assessment of facial features: a study on three European populations. *Forensic Sci. Forensic Sci Int.* 2011 Apr 15;207(1-3):239.e1-8.
10. Verzé L, Nasi A, Quaranta F, Vasino V, Prini V, Ramieri G. Quantification of facial movements by surface laser scanning. *J Craniofac Surg.* 2011 Jan;22(1):60-5.
11. Weinberg SM, Scott NM, Neiswanger K, Brandon CA, Marazita ML. Digital three-dimensional photogrammetry: evaluation of anthropometric precision and accuracy using a Genex 3D camera system. *Cleft Palate Craniofac J.* 2004 Sep;41(5):507-18.
12. Weinberg SM, Naidoo S, Govier DP, Martin RA, Kane AA, Marazita ML. Anthropometric precision and accuracy of digital three-dimensional photogrammetry: comparing the Genex and 3dMD imaging systems with one another and with direct anthropometry. *J Craniofac Surg.* 2006 May;17(3):477-83.
13. Ghoddousi H, Edler R, Haers P, Wertheim D, Greenhill D. Comparison of three methods of facial measurement. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2007;36:250–258.
14. Wong JY, Oh AK, Ohta E, Hunt AT, Rogers GF, Mulliken JB, Deutsch CK. Validity and reliability of craniofacial anthropometric measurement of 3D digital photogrammetric images. *Cleft Palate Craniofac J.* 2008 May;45(3):232-9.
15. Staudt CB, Kiliaridis S. A nonradiographic approach to detect Class III skeletal discrepancies. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009 Jul;136(1):52-8.

16. de Menezes M, Holberg C, Heine AK, Geis P, et al: Three-dimensional soft tissue prediction using finite elements. Part II: clinical application. *J Orofac Orthop* 2005;66:122-134.
17. Douglas TS. Image processing for craniofacial landmark identification and measurement: a review of photogrammetry and cephalometry. *Comput Med Imaging Graph.* 2004;28:401–419.
18. Hammond P, Hutton TJ, Allanson JE, et al. 3D analysis of facial morphology. *Am J Med Genet.* 2004;126A:339–348.
19. Kau CH, Richmond S, Zhurov AI, Knox J, Chestnutt I, Hartles F, Playle R. Reliability of measuring facial morphology with a 3-dimensional laser scanning system. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2005;128:424–430.
20. Dimaggio FR, Ciusa V, Sforza C, Ferrario VF. Photographic soft-tissue profile analysis in children at 6 years of age. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007;132:475–480.
21. Hammond P. The use of 3D face shape modeling in dysmorphology. *Arch Dis Child.* 2007;92:1120–1126.
22. Sforza C, Laino A, D'Alessio R, Dellavia C, Grandi G, Ferrario VF. Three-dimensional facial morphometry of attractive children and normal children in the deciduous and early mixed dentition. *Angle Orthod.* 2007 Nov;77(6):1025-33.
23. Sforza C, de Menezes M, Ferrario VF. Soft-and hard-tissue facial anthropometry in three dimensions: what's new. *J Anthropol Sci.* 2013;91:159-184.
24. Kovacs L, Zimmermann A, Brockmann G, Gühring M, Baurecht H, Papadopoulos NA, Schwenzer-Zimmerer K, Sader R, Biemer E, Zeilhofer HF. Three-dimensional recording of the human face with a 3D laser scanner. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 2006;59(11):1193-202.

25. Cevidanes LH, Motta A, Proffit WR, Ackerman JL, Styner M. Cranial base superimposition for 3-dimensional evaluation of soft-tissue changes. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2010 Apr;137(4 Suppl):S120-9.
26. Hammond P, Suttie M. Large-scale objective phenotyping of 3D facial morphology. *Hum Mutat*. 2012 May;33(5):817-25.
27. Aldridge K, Boyadjiev SA, Capone GT, DeLeon VB, Richtsmeier JT. Precision and error of three-dimensional phenotypic measures acquired from 3dMD photogrammetric images. *Am J Med Genet A*. 2005 Oct 15;138A(3):247-53.
28. Ferrario VF, Sforza C, Miani A, Tartaglia G. Craniofacial morphometry by photographic evaluations. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1993 Apr;103(4):327-37.
29. Lane C, Harrell W Jr. Completing the 3-dimensional picture. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2008 Apr;133(4):612-20.
30. Germec-Cakan D, Canter HI, Nur B, Arun T. Comparison of facial soft tissue measurements on three-dimensional images and models obtained with different methods. *J Craniofac Surg*. 2010 Sep;21(5):1393-9.
31. Deli R, Di Gioia E, Galantucci LM, Percoco G. Automated landmark extraction for orthodontic measurement of faces using the 3-camera photogrammetry methodology. *J Craniofac Surg*. 2010 Jan;21(1):87-93.
32. Gor T, Kau CH, English JD, Lee RP, Borbely P. Three-dimensional comparison of facial morphology in white populations in Budapest, Hungary, and Houston, Texas. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2010 Mar;137(3):424-32.
33. Nute SJ, Moss JP. Three-dimensional facial growth studied by optical surface scanning. *J Orthod*. 2000 Mar;27(1):31-8.

34. Talbert L, Kau CH, Christou T, Vlachos C, Souccar N. A 3D analysis of Caucasian and African American facial morphologies in a US population. *J Orthod*. 2014 Mar;41(1):19-29.
35. Weinberg SM, Raffensperger ZD, Kesterke MJ, Heike CL, Cunningham ML, Hecht JT, Kau CH, Murray JC, Wehby GL, Moreno LM, Marazita ML. The 3D Facial Norms Database: Part 1. A Web-Based Craniofacial Anthropometric and Image Repository for the Clinical and Research Community. *Cleft Palate Craniofac J*. 2016 Nov;53(6):e185-e197.
36. Farkas LG. Accuracy of anthropometric measurements: past, present, and future. *Cleft Palate Craniofac J*. 1996 Jan;33(1):10-8.
37. Farkas LG, Katic MJ, Forrest CR, Alt KW, Bagic I, Baltadjiev G, Cunha E, Cvicelová M, Davies S, Erasmus I, Gillett-Netting R, Hajnis K, Kemkes-Grottenthaler A, Khomyakova I, Kumi A, Kgamphe JS, Kayo-daigo N, Le T, Malinowski A, Negasheva M, Manolis S, Ogetürk M, Parvizrad R, Rösing F, Sahu P, Sforza C, Sivkov S, Sultanova N, Tomazo-Ravnik T, Tóth G, Uzun A, Yahia E. International anthropometric study of facial morphology in various ethnic groups/races. *J Craniofac Surg*. 2005 Jul;16(4):615-46.
38. Gwilliam JR1, Cunningham SJ, Hutton T. Reproducibility of soft tissue landmarks on three-dimensional facial scans. *Eur J Orthod*. 2006 Oct;28(5):408-15.
39. Schimmel M, Christou P, Houstis O, Herrmann FR, Kiliaridis S, Müller F. Distances between facial landmarks can be measured accurately with a new digital 3-dimensional video system. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2010 May;137(5):580.e1-580.e10; discussion 580-1.
40. Aynechi N, Larson BE, Leon-Salazar V, Beiraghi S. Accuracy and precision of a 3D anthropometric facial analysis with and without landmark labeling before image acquisition. *Angle Orthod*. 2011 Mar;81(2):245-52.

41. Fourie Z, Damstra J, Gerrits PO, Ren Y. Evaluation of anthropometric accuracy and reliability using different three-dimensional scanning systems. *Forensic Sci Int*. 2011 Apr 15;207(1-3):127-34.
42. Richtsmeier JT, DeLeon VB, Lele SR: The promise of geometric morphometrics. *Yearb Phys Anthropol* 45: 63e91, 2002.
43. Verhoeven T, Xi T, Schreurs R, Bergé S, Maal T: Quantification of facial asymmetry: a comparative study of landmark-based and surface-based registrations. *J Craniomaxillofac Surg* 44: 1131e1136, 2016.
44. Berlin NF, Berssenbrügge P, Runte C, Wermker K, Jung S, Kleinheinz J, et al: Quantification of facial asymmetry by 2D analysis. A comparison of recent approaches. *J Cranio-Maxillofac Surg* 42: 265e271, 2014.
45. Maal TJ, van Loon B, Plooi J, Rangel F, Ettema AM, Borstlap WA, et al: Registration of 3-dimensional facial photographs for clinical use. *J Oral Maxillofac Surg* 68: 2391e2401, 2010.
46. Baik HS, Kim SY. Facial soft-tissue changes in skeletal Class III orthognathic surgery patients analyzed with 3-dimensional laser scanning. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2010 Aug;138(2):167-78.
47. Kim HH, Lee JW, Cha KS, Chung DH, Lee SM. Three-dimensional assessment of upper lip positional changes according to simulated maxillary anterior tooth movements by white light scanning. *Korean J Orthod*. 2014 Nov;44(6):281-93.
48. Heike CL1, Upson K, Stuhaug E, Weinberg SM. 3D digital stereophotogrammetry: a practical guide to facial image acquisition. *Head Face Med*. 2010 Jul 28;6:18.
49. Berssenbrügge P, Franka N, Kebeck G, Runte C, Jung S, Kleinheinz J, et al: 2D and 3D analysis methods of facial asymmetry in comparison. *J Cranio-Maxillofac Surg* 42: e327ee334, 2014.

50. Alqattan M, Djordjevic J, Zhurov AI, Richmond S: Comparison between landmark and surface-based three-dimensional analyses of facial asymmetry in adults. *Eur J Orthod* 37: 1e12, 2015.
51. Kornreich D, Mitchell AA, Cristian I, Jabs EW: Quantitative assessment of facial asymmetry using three-dimensional surface imaging in adults: validating the precision and repeatability of a global approach. *Cleft Palate Craniofac J* 53: 126e131, 2016.
52. Verhoeven T, Xi T, Schreurs R, Bergé S, Maal T: Quantification of facial asymmetry: a comparative study of landmark-based and surface-based registrations. *J Craniomaxillofac Surg* 44: 1131e1136, 2016.
53. Codari M, Pucciarelli V, Stangoni F, Zago M, Tarabbia F, Biglioli F, Sforza C. Facial thirds-based evaluation of facial asymmetry using stereophotogrammetric devices: Application to facial palsy subjects. *J Craniomaxillofac Surg*. 2017 Jan;45(1):76-81.
54. Schaaf H, Malik CY, Howaldt HP, Streckbein P. Evolution of photography in maxillofacial surgery: from analog to 3D photography - an overview. *Clin Cosmet Investig Dent*. 2009 Sep 30;1:39-45.
55. Dindaroğlu F, Kutlu P, Duran GS, Görgülü S, Aslan E. Accuracy and reliability of 3D stereophotogrammetry: A comparison to direct anthropometry and 2D photogrammetry. *Angle Orthod*. 2016 May;86(3):487-94.
56. Al-Rudainy D, Ju X, Mehendale F, Ayoub A. Assessment of facial asymmetry before and after the surgical repair of cleft lip in unilateral cleft lip and palate cases. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2017 Sep 26. pii: S0901-5027(17)31605-3.

57. Junqueira Júnior AA, Magri LV, Melchior MO, Rodrigues da Silva AMB, Rodrigues da Silva MAM. Facial anthropometric analysis of a healthy group of young Brazilian adults by means of stereophotogrammetry technique. *Rev. Odontol. UNESP*. 2016 June; 45(3):139-145.
58. Andrade LM, Rodrigues da Silva AMB, Magri LV, Rodrigues da Silva MAM. Repeatability Study of Angular and Linear Measurements on Facial Morphology Analysis by Means of Stereophotogrammetry. *J Craniofac Surg*. 2017 Jun;28(4):1107-1111.
59. Galantucci LM, Percoco G, Lavecchia F, Di Gioia E. Noninvasive computerized scanning method for the correlation between the facial soft and hard tissues for an integrated three-dimensional anthropometry and cephalometry. *J Craniofac Surg*. 2013 May;24(3):797-804.
60. Dimaggio FR, Ciusa V, Sforza C, Ferrario VF. Photographic soft-tissue profile analysis in children at 6 years of age. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2007;132:475–480.
61. Metzler P, Bruegger LS, Kruse Gujer AL, Matthews F, Zemmann W, Graetz KW, Luebbers HT. Craniofacial landmarks in young children: how reliable are measurements based on 3-dimensional imaging? *J Craniofac Surg*. 2012 Nov;23(6):1790-5.
62. Lam WYH, Hsung RTC, Choi WWS, Luk HWK, Cheng LYY, Pow EHN. A clinical technique for virtual articulator mounting with natural head position by using calibrated stereophotogrammetry. *J Prosthet Dent*. 2017 Sep 29.
63. Duran GS, Dindaroğlu F, Görgülü S. Three-dimensional evaluation of social smile symmetry. *Angle Orthod*. 2017 Jan;87(1):96-103.
64. Bland, J.M, Altman, D.G. Applying the right statistics: analyses of measurement studies. *Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*. 2003;22(1):85–93.

65. Lübbbers HT, Medinger L, Kruse A, Grätz KW, Matthews F. Precision and accuracy of the 3dMD photogrammetric system in craniomaxillofacial application. *J Craniofac Surg*. 2010 May;21(3):763-7.
66. Pretty IA, Maupomé G. A closer look at diagnosis in clinical dental practice: part 1. Reliability, validity, specificity and sensitivity of diagnostic procedures. *J Can Dent Assoc*. 2004 Apr;70(4):251-5.
67. Camison L, Bykowski M, Lee WW, Carlson JC, Roosenboom J, Goldstein JA, Losee JE, Weinberg SM. Validation of the Vectra H1 portable three-dimensional photogrammetry system for facial imaging. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2017 Sep 14. pii: S0901-5027(17)31606-5.
68. Ferrario VF, Sforza C, Poggio CE, Tartaglia G. Distance from symmetry: a three-dimensional evaluation of facial asymmetry. *J Oral Maxillofac Surg*. 1994;52:1126–1132.
69. Ferrario VF, Sforza C, Poggio CE, Cova M, Tartaglia G. Preliminary evaluation of an electromagnetic three-dimensional digitizer in facial anthropometry. *Cleft Palate Craniofac J*. 1998 Jan;35(1):9-15.
70. Ayoub A, Garrahy A, Hood C, White J, Bock M, Siebert JP, Spencer R, Ray A. Validation of a vision-based, three-dimensional facial imaging system. *Cleft Palate Craniofac J*. 2003 Sep;40(5):523-9.
71. de Menezes M, Rosati R, Allievi C, Sforza C. A photographic system for the three-dimensional study of facial morphology. *Angle Orthod*. 2009 Nov;79(6):1070-7.
72. Ghoddousi H, Edler R, Haers P, Wertheim D, Greenhill D. Comparison of three methods of facial measurement. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2007;36:250–258.

73. Winder RJ, Darvann TA, McKnight W, Magee JD, Ramsay-Baggs P. Technical validation of the Di3D stereophotogrammetry surface imaging system. *Br J Oral Maxillofac Surg*. 2008 Jan;46(1):33-7.
74. Heike CL, Cunningham ML, Hing AV, Stuhau E, Starr JR. Picture perfect? Reliability of craniofacial anthropometry using three-dimensional digital stereophotogrammetry. *Plast Reconstr Surg*. 2009 Oct;124(4):1261-72.
75. Artopoulos A, Buytaert JA, Dirckx JJ, Coward TJ. Comparison of the accuracy of digital stereophotogrammetry and projection moiré profilometry for three-dimensional imaging of the face. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2014 May;43(5):654-62.
76. Liu Y, Kau CH, Talbert L, Pan F. Three-dimensional analysis of facial morphology. *J Craniofac Surg*. 2014 Sep;25(5):1890-4.
77. De Menezes M, Cerón-Zapata AM, López-Palacio AM, Mapelli A, Pisoni L, Sforza C. Evaluation of a Three-Dimensional Stereophotogrammetric Method to Identify and Measure the Palatal Surface Area in Children With Unilateral Cleft Lip and Palate. *Cleft Palate Craniofac J*. 2016 Jan;53(1):16-21.
78. Ferrario VF, Sforza C, Schmitz JH, Santoro F. Three-dimensional facial morphometric assessment of soft tissue changes after orthognathic surgery. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 1999 Nov;88(5):549-56.
79. Lübbers HT, Medinger L, Kruse A, Grätz KW, Obwegeser JA, Mattheus F. The influence of involuntary facial movements on craniofacial anthropometry: a survey using a three-dimensional photographic system. *Br J Oral Maxillofac Surg*. 2012 Mar;50(2):171-5.

80. Al Ali A, Richmond S, Popat H, Toma AM, Playle R, Zhurov AI, Marshal D, Rosin PL, Henderson J. The influence of asthma on face shape: a three-dimensional study. *Eur J Orthod*. 2014 Aug;36(4):373-80.
81. Metzger TE, Kula KS, Eckert GJ, Ghoneima AA. Orthodontic soft-tissue parameters: a comparison of cone-beam computed tomography and the 3dMD imaging system. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2013 Nov;144(5):672-81.
82. Moshkelgosha V, Shamsa M. Introduction of aesthetic analyser software: computer-aided linear and angular analysis of facial profiles photographs. *J Dent Shiraz*. 2012 13(2):62-4.
83. Perini AT, de Oliveira GL, Ornellas JS, de Oliveira FP. Technical error of measurement in anthropometry. *Rev Bras Med Esporte*. 2005 Jan;11(1):81-5.
84. Hirakata VN, Camey SA. Análise de concordância entre métodos de Bland-Altman. *Rev HCPA*. 2009;29(3):261-268.