

CAPÍTULO 2

CONCEPÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO PARA ESCANEAMENTO 3D EM APLICAÇÃO BIOMÉDICA

Data de submissão: 11/10/2024

Data de aceite: 01/11/2024

Tereza Beatriz Oliveira Assunção

Ana Luiza Ohara de Queiroz

Mariana Fernandes Dourado Pinto

Samara Dália Tavares Silva

Nícolas Vinícius Rodrigues Veras

Laiane Graziela Paulino da Costa

Nadyne Dayonara Maurício de Amorim

Gustavo Kleber Bezerra Coutinho

Rayane de Sousa Sobral

Pedro Saler Makhamid Makhamed

Rafael Cavalcanti Contreras

Custódio Leopoldino de Brito Guerra Neto

RESUMO: Na odontologia uma técnica muito utilizada para planejamento e/ou procedimentos odontológicos é a moldagem. Essa consiste na aquisição do negativo do arco moldado para que se obtenha uma cópia fiel em gesso da cavidade oral do paciente. Esse procedimento, no entanto,

traz desconforto ao paciente e elevados gastos ao dentista. Existe hoje no mercado um dispositivo que realiza o escaneamento dos maxilares substituindo essa moldagem convencional, entretanto o custo para aquisição desse equipamento ainda é muito alto. Com o intuito de solucionar este problema, esse estudo propõe a criação de um dispositivo de escaneamento intraoral com eficiência e menor custo. Para tanto, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre técnicas de moldagens da cavidade oral e escaneamento digital com objetivo de criar um protótipo de um scanner 3D. Foi construído um protótipo para escaneamento de sólidos, no qual o objeto gira em torno do seu eixo e o scanner permanece fixo durante a aquisição das imagens. Realizou-se também os escaneamentos, passando pelas etapas de aquisição e corte das imagens, tratamento das cores e aplicação de algoritmos para a obtenção de coordenadas objetivando a criação de nuvens de pontos. Como resultado desse trabalho, obtivemos uma nuvem de pontos 3D de um sólido, usando tecnologias de fácil aquisição. Podemos concluir que a moldagem por escaneamento é fiel e a longo prazo possui menos custos que a moldagem convencional.

PALAVRAS-CHAVE: Escaneamento 3D, Odontologia, Moldagem odontológica, Scanner intraoral, Engenharia biomédica

ABSTRACT: In dentistry, a widely used technique for planning and/or procedures is the dental impression. It consists of acquiring a molded arc negative to obtain a faithful plastered copy of the patient's oral cavity. This procedure, however, brings discomfort to the patient and high expenses to the dentist. Nowadays, it is available on the market a device that scans the jaws, replacing this conventional impression, however, the cost to acquire this equipment is still very high. To solve this problem, this study proposes the creation of an intraoral scanning device with efficiency and lower cost. Therefore, it was realized a bibliographic review on dental impression techniques and digital scanning aiming at the development of a 3D scanner prototype. A prototype for scanning solids was developed, in which the object rotates around its axis and the scanner remains fixed during the image acquisition. Scans were performed, going through stages of image acquisition and cropping, color treatment, and application of algorithms to obtaining coordinates, in order to create point clouds. As a result of this work, we obtained a 3D point cloud of a solid, using technologies that are easy to acquire. We can conclude that digital impression, by scanning, is faithful and in the long-term has lower costs than the conventional impression.

KEYWORDS: 3D Scanning, Dentistry, Dental impression, Intraoral scanner, Biomedical Engineering.

1 | INTRODUÇÃO

Com pesquisa e desenvolvimento contínuos, a Engenharia Biomédica vem progressivamente desenvolvendo novas tecnologias para auxiliar em diagnósticos e tratamentos na área da saúde. Na odontologia, é indiscutível a importância de modelos de estudos para o planejamento e acompanhamento dos tratamentos. E os avanços na área das imagens digitais vêm permitindo modificações nos protocolos de aquisição desses registros dos arcos dentários, superior e inferior, o que é um exemplo de aplicação da Engenharia Biomédica (SUN *et al.*, 2018; LOIOLA *et al.*, 2019).

Atualmente, na odontologia, a moldagem dos arcos dentários é uma técnica bastante utilizada para quase todas as especialidades. Ela consiste na obtenção de uma réplica, o mais fiel possível, da boca do paciente, para que o dentista seja capaz de estudar, diagnosticar e planejar o caso clínico, protético ou cirúrgico sem que o paciente esteja presente (OLIVEIRA *et al.*, 2018). O procedimento de moldagem mais utilizado atualmente é caracterizado pela introdução de uma moldeira metálica ou polimérica, preenchida com material de moldagem (godivas, alginatos ou siliconas), na boca do paciente para obtenção de um negativo do arco moldado, chamado de molde. Este é enviado a um laboratório de próteses onde será preenchido com gesso (pedra e/ou especial) para confecção do modelo da arcada do paciente (VEIGA, 2018; CICCIÙ *et al.*, 2020).

No entanto, observa-se que alguns fatores desse procedimento na cavidade oral podem gerar desconfortos ao paciente e custos aos dentistas. Para o paciente, a técnica é

incômoda, pois a pressão aplicada durante a moldagem e a quantidade de material utilizado podem provocar o escoamento do material de moldagem para a garganta, causando desconforto e sensação de regurgitamento (ZAVANELLI *et al.*, 2016). Já para o dentista, o procedimento pode causar gastos de tempo, material e espaço físico. Para os odontólogos, é necessário enviar o molde ao laboratório de próteses para que seja produzido o modelo final, o que causa alteração do material, distorção do molde a depender do tempo decorrido entre a moldagem e a produção do modelo, e uma longa espera devido aos transportes. Obtido o modelo em gesso, há o risco de quebra no retorno ao consultório, tornando necessária a repetição do procedimento e, com isso, gerando uma despesa adicional com material de moldagem. Além disso, para armazenar os modelos enquanto o caso está sendo estudado e planejado, é necessário um espaço físico dedicado a esse fim, gerando um custo que poderia ser evitado com a possibilidade de armazenamento digital (SUESE, 2020).

Visando a solução desses problemas, foram desenvolvidos novos procedimentos para obtenção de moldagens, explorando diferentes técnicas para se obter um modelo em formato digital. Uma dessas técnicas está ganhando importância no cenário odontológico, o escaneamento tridimensional (3D) intraoral, que consiste no escaneamento 3D da arcada dentária e criação de um modelo virtual a partir dos dados adquiridos (VEIGA, 2018). Os modelos digitais são representações das arcadas dentárias e da relação entre elas. Eles possibilitam a simulação virtual de tratamentos, facilitando as tomadas de decisão, e demonstram ser alternativas viáveis aos modelos de gesso convencionais, pela fidelidade na maioria das medidas lineares quando comparados à arcada *in vivo* (MACK *et al.*, 2017; LOIOLA *et al.*, 2019). Essa tecnologia traz também outros pontos positivos quando comparada à moldagem tradicional. Um desses pontos é a ausência do desconforto para o paciente, já que o procedimento não causa sensação de regurgitamento, a qual ocorre com o material de moldagem (CICCIÙ *et al.*, 2020). Outro aspecto positivo é que o modelo final virtual pode ser visualizado logo após o escaneamento e, se necessário, impresso em 3D no consultório, reduzindo a espera que havia em transportes entre consultório e laboratório. Além disso, os gastos com materiais de moldagem e com espaço físico para armazenamento também serão reduzidos. Ainda sobre vantagens, a técnica de moldagem digital possui maior acurácia quando comparada à convencional (SUESE, 2020; CHANDRAN *et al.*, 2019).

Entretanto, esses equipamentos possuem um alto valor de obtenção, inviabilizando seu uso em muitos consultórios odontológicos (CICCIÙ *et al.*, 2020). Desta forma, vê-se a necessidade do desenvolvimento de um dispositivo capaz de realizar o escaneamento 3D intraoral utilizando materiais de baixo custo, com o objetivo de tornar essa tecnologia mais acessível aos profissionais da Odontologia.

Baseado nos problemas expostos, este trabalho propõe realizar, acerca do tema, revisões bibliográficas e a concepção e desenvolvimento de um protótipo de scanner

3D, em laboratório, objetivando avaliar a influência dos parâmetros de escaneamento no modelo digitalizado, identificando as condições ideais para a aplicação intraoral.

2 | METODOLOGIA

Para a realização deste trabalho foram utilizadas 3 amostras, uma taça de material polimérico, uma de metal e outra de vidro. Utilizou-se também uma base de microscópico, resgatada da Diretoria de Material e Patrimônio (DMP-UFRN), um gerador de laser do tipo linha (com comprimento de onda de 650 nm e potência de saída de 5 mW), uma câmera de celular Iphone XS (12 megapixels e gravação de vídeo de 1080p a 240 fps) e uma base giratória (retirada de um antigo leitor de CD). Como ambiente para a realização dos ensaios, foi utilizada uma sala, no laboratório, que permitiu a variação entre ausência de luz e iluminação artificial por luz branca fluorescente.

Para atingir o objetivo deste trabalho, foram seguidas as etapas ilustradas no fluxograma a seguir (Figura 4).



Figura 4 - Processo metodológico utilizado para realização do trabalho

Fonte: Elaborada pelo autor (2021)

A primeira etapa deste trabalho consistiu na realização de uma revisão bibliográfica, com o intuito analisar o funcionamento dos *scanners* intraorais comerciais e estudar materiais e técnicas para desenvolvimento de um *scanner* 3D de baixo custo. Buscou-se artigos nas bases de dados Science direct, PubMed, Web of Science e Periódicos Capes, utilizando as seguintes palavras chaves, moldagens odontológicas digitais, *scanners* intraorais e escaneamento 3D, desse modo foram encontrados 50 artigos. Dentre estes, foram escolhidos 22, 6 em português e 16 em inglês, dos últimos 5 anos; todos relacionados com o objetivo desse trabalho.

A segunda etapa foi a criação do protótipo de *scanner* 3D (Figura 5a). Para construí-lo foram utilizados uma câmera de celular, um laser do tipo linha e uma base para apoiá-lo. Esses materiais foram posicionados de forma que, no momento do escaneamento, a câmera e o laser permanecem fixos, enquanto a amostra a ser escaneada, apoiada em uma base giratória (Figura 5b), gira em torno do seu eixo para a captura das imagens.

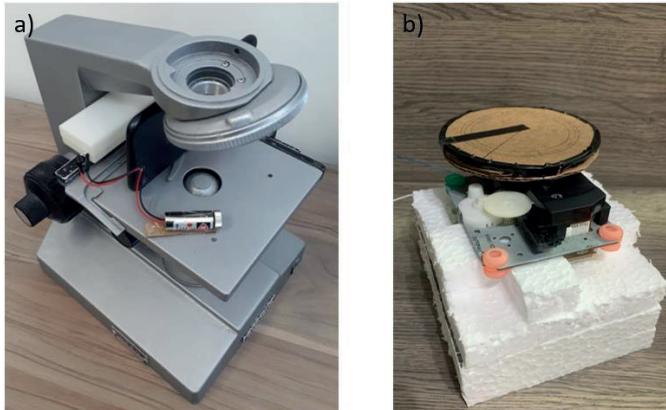


Figura 5 - Equipamentos utilizados: (a) Protótipo de scanner (b) Base giratória

Fonte: Elaborada pelo autor (2021)

A terceira etapa do trabalho consistiu na calibração do protótipo, tomando como base a metodologia utilizada por Wispel *et al.* (2017), e na realização dos escaneamentos. Para iniciar a calibração do equipamento, foram ajustadas as posições do *scanner* e da base giratória. O laser foi posicionado a um ângulo de 35 graus em relação à câmera, e a base foi posicionada de forma que seu eixo de rotação estivesse alinhado com o *scanner*, como ilustrado na Figura 6. Em seguida, foi registrada a posição do feixe de laser na base giratória, obtendo assim o seu comportamento na situação em que não há deformação, dado utilizado para o cálculo da distância por triangulação.

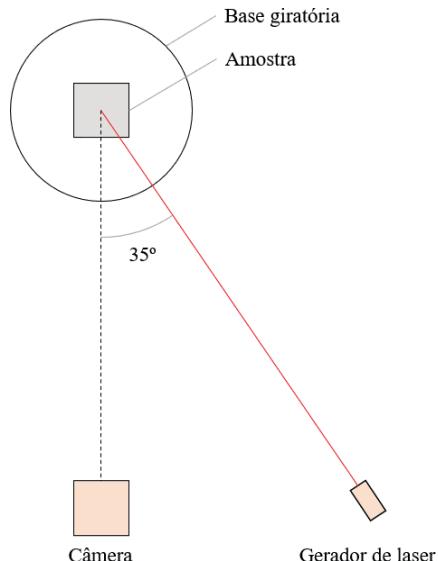


Figura 6 - Vista superior do sistema de escaneamento utilizado

Fonte: Adaptado de Wispel *et al.* (2017)

A fim de avaliar a influência dos parâmetros de reflexibilidade da superfície, iluminação ambiente e foco do feixe de laser, foram realizados cinco escaneamentos distintos, variando a amostra escaneada e condições de escaneamento. Para avaliar a reflexibilidade da superfície, foram realizados os escaneamentos de três amostras, todas com geometrias parecidas e curvas (para uma melhor detecção da forma pelo *scanner*) mas com diferentes características superficiais. Para avaliação da iluminação ambiente e foco do feixe de laser, foram realizados dois escaneamentos com a amostra de material polimérico, variando uma dessas condições em cada um dos escaneamentos. Na Figura 7 está representado um modelo de como foram realizados esses escaneamentos.



Legenda:

- | | | | |
|--|-------------------------|--|-----------------------|
| | Sem iluminação ambiente | | Feixe de laser focado |
| | Com iluminação ambiente | | Feixe de laser difuso |

Figura 7 - Descrição do protótipo experimental

Fonte: Elaborada pelo autor (2021)

Em seguida, foram realizadas no software MATLAB (MATrix LABoratory, versão R2015a) as etapas de tratamento dos dados adquiridos no escaneamento, desde o processamento das imagens até a plotagem da nuvem de pontos. O processamento das imagens foi iniciado com o corte de todas elas, evidenciando somente a área onde o laser toca a amostra. Para que o feixe luminoso pudesse prevalecer na imagem, foram aplicados filtros de cores e códigos de afinamento e interpolação (Figura 8). Depois desse processamento, foi realizado o cálculo das coordenadas 3D. Para isso, a deformação

sofrida pelo feixe de laser foi comparada com o feixe obtido na calibração, e calculada a distância entre elas. Conhecendo as coordenadas 3D da superfície, foram plotadas as nuvens de pontos. Na Figura 9 está representado um fluxograma do processo iterativo utilizado para o cálculo das coordenadas 3D.

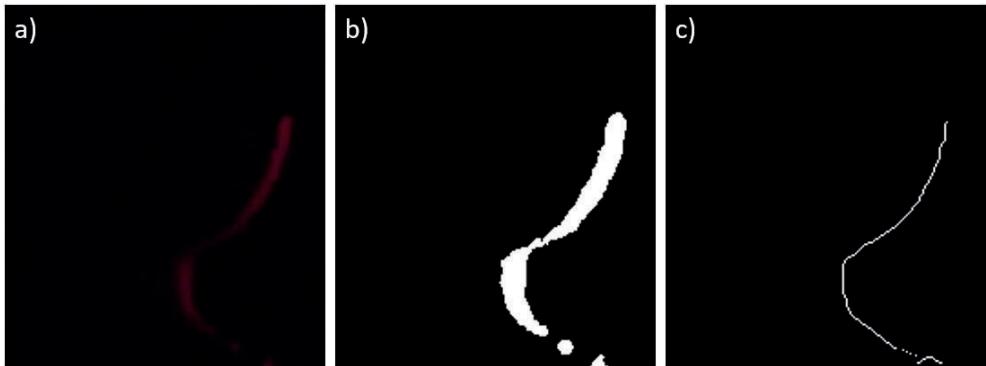


Figura 8 - (a) Corte da imagem para destaque do feixe; (b) Resultado do tratamento de cores da imagem; (c) Resultado da aplicação dos códigos de afinamento e interpolação

Fonte: Elaborada pelo autor (2021)

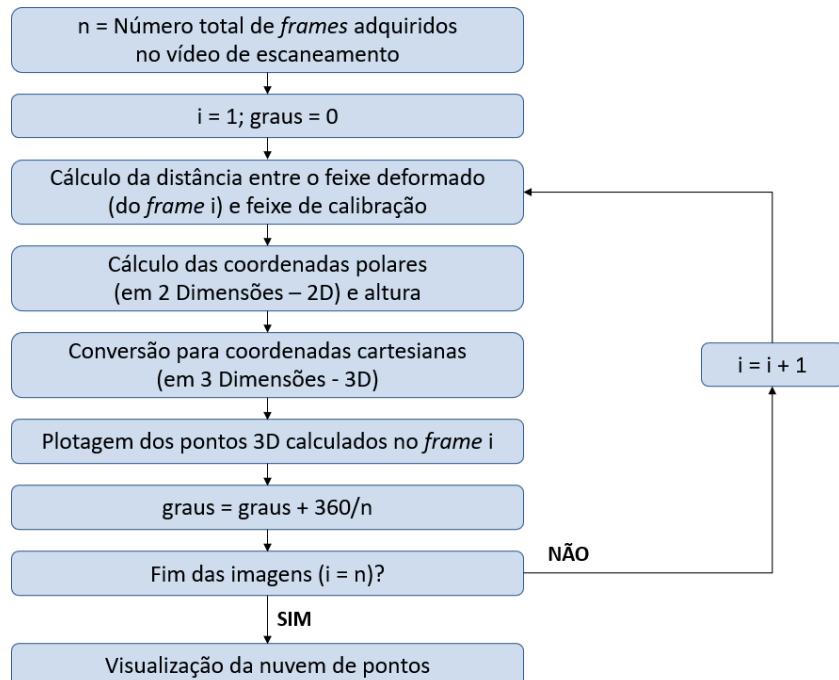


Figura 9 - Processo iterativo para cálculo dos pontos 3D

Fonte: Elaborada pelo autor (2021)

Por fim, foram analisados os resultados, avaliando, a partir das nuvens de pontos geradas, a influência dos parâmetros de escaneamento, a fim de identificar as condições

ideais para a aplicação intraoral.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

No mercado atualmente, estão disponíveis diferentes modelos de *scanners* intraorais. Eles variam, de acordo com a marca, em algumas características como, método de escaneamento, utilização de pó para diminuir reflexibilidade, identificação de cores e acurácia. Apesar de diferentes, a maioria dos métodos de escaneamento utilizados seguem o mesmo princípio, o de escaneamento óptico. Nessa forma, uma luz é incidida sobre o objeto de interesse e as imagens obtidas são processadas em *software*, gerando uma nuvem de pontos é, por triangulação desta, é criado o modelo 3D (MANGANO *et al.*, 2017). A diferença entre os métodos se dá pela forma como é calculada a distância do objeto. Modelos como Lava C.O.S.® e True Definition se baseiam na técnica de amostragem de frente de onda ativa, que realiza o cálculo de cada ponto baseado no seu comportamento durante um caminho circular percorrido pelo *scanner*. Os modelos iTero®, Zfx intrascan, Planmeca PlanScan® e TRIOS, utilizam o princípio de microscopia confocal, que se baseia no foco da imagem para determinar a profundidade. Já os *scanners* desenvolvidos pela empresa Sirona Dental Inc., Cerec Bluecam® e Cerec Omnicam, calculam a distância do objeto pela triangulação da luz, baseada no princípio de que conhecendo as posições e ângulos de dois pontos de vista é possível calcular a distância do ponto de interesse (ASWANI *et al.*, 2020; ZINT *et al.*, 2019; KACHHARA *et al.*, 2020). Além dos métodos que seguem o princípio do escaneamento óptico, há também uma pequena parcela de *scanners* que utilizam os métodos de ultrassom e tomografia de coerência óptica, porém essas tecnologias ainda estão em desenvolvimento e não são encontrados um número significativo de estudos sobre elas (ANDREEA-CODRUȚA *et al.*, 2019). Entre os modelos já citados de *scanners* intraorais disponíveis comercialmente, apenas o Lava C.O.S.®, True Definition e Cerec Bluecam® necessitam que seja aplicado pó para diminuir a flexibilidade dos dentes. Já quanto à identificação de cores, apenas a Lava C.O.S.®, Zfx intrascan e Cerec Bluecam® não geram o modelo 3D em cores, ou seja, não diferenciam as estruturas que possuem cores distintas na cavidade oral, como os dentes e a gengiva (ASWANI *et al.*, 2020; ZINT *et al.*, 2019). No que diz respeito à acurácia, ainda que sejam satisfatórios clinicamente, percebe-se que há diferenças entre os modelos comerciais, mas uma comparação conclusiva entre eles torna-se difícil, pois a acurácia pode ser influenciada por diversos fatores, como quantidade de saliva, movimentação do paciente, experiência do dentista, protocolo de escaneamento e luminosidade do ambiente (LOIOLA *et al.*, 2019; ASWANI *et al.*, 2020).

Para realizar os escaneamentos deste trabalho foi escolhido, baseado na revisão sobre escaneamento 3D, o laser de linha como fonte de luz. Pois proporciona uma melhor relação entre o preço e resultado, já que é clinicamente aceito e possui um baixo valor de

aquisição. Dessa forma, foi utilizado o método de escaneamento de triangulação da luz, o qual é utilizado nos *scanners* comerciais, Sirona Dental Inc., Cerec Bluecam® e Cerec Omnicam.

Com a finalidade de identificar quais os parâmetros mais adequados para realizar o escaneamento, foram comparadas as nuvens de pontos obtidas e avaliada a influência desses parâmetros sobre elas. De acordo com a literatura, esperou-se que o escaneamento da amostra de material polimérico, realizada com feixe de laser fino e em ambiente pouco iluminado obtivesse o resultado mais fiel entre os ensaios propostos. Dessa forma, o escaneamento realizado nessas condições foi definido, neste trabalho, como a base para comparação. A nuvem de pontos resultante deste foi bastante fiel à amostra escaneada, como pode ser visualizado na Figura 10.

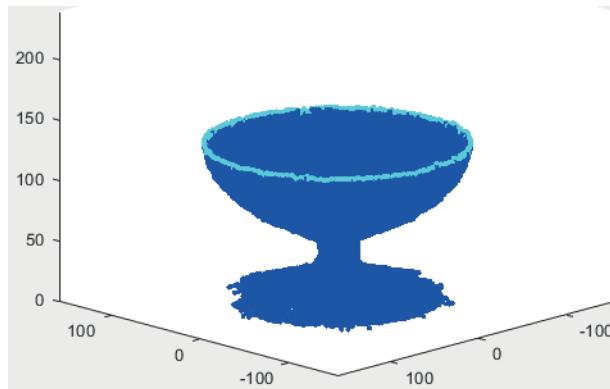


Figura 10 - Nuvem de pontos 3D da amostra de material polimérico

Fonte: Elaborada pelo autor (2021)

As nuvens de pontos resultantes dos escaneamentos das amostras de metal e de vidro não foram fieis à realidade (Figura 11). Por possuírem superfícies reflexivas, o feixe de laser incidindo sobre elas se dispersou, dificultando a identificação das coordenadas.

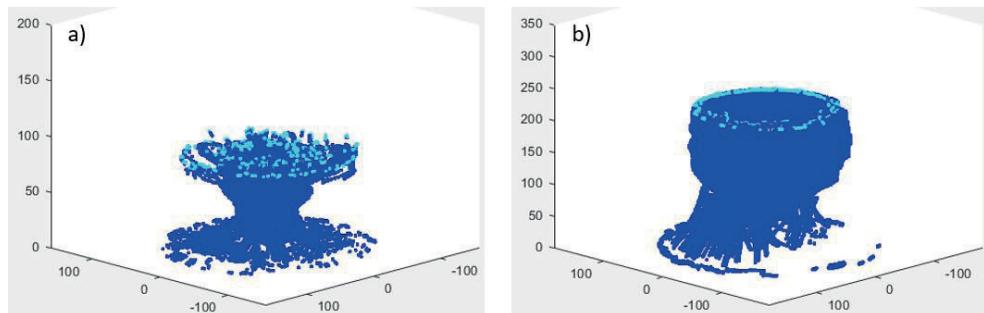


Figura 11 - Nuvens de pontos 3D das amostras de (a) Metal e (b) Vidro

Fonte: Elaborada pelo autor (2021)

A iluminação ambiente foi prejudicial ao escaneamento pois causou distorções na nuvem de pontos, como pode ser observado na Figura 12. A diferença observada entre os resultados com e sem iluminação foi causada devido à dificuldade de identificação das coordenadas na imagem mais iluminada, pois o feixe de laser não foi tão evidenciado.

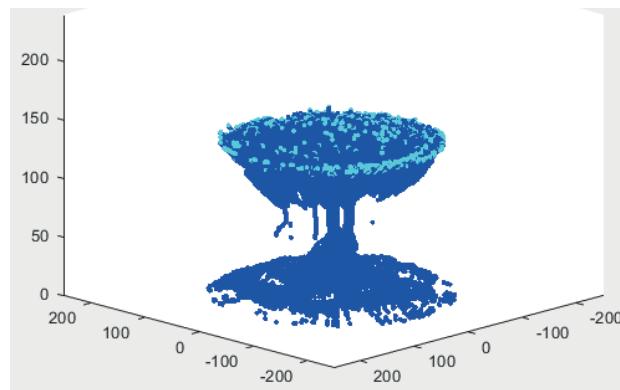


Figura 12 - Nuvem de pontos 3D da amostra de material polimérico em ambiente iluminado

Fonte: Elaborada pelo autor (2021)

O escaneamento utilizando feixe de laser difuso, em comparação ao feixe focado, gerou uma nuvem de pontos com menos fidelidade (Figura 13). Essa redução da qualidade do escaneamento ocorre pois o feixe difuso, por ser mais espesso, torna a identificação das coordenadas 3D na imagem mais complexa.

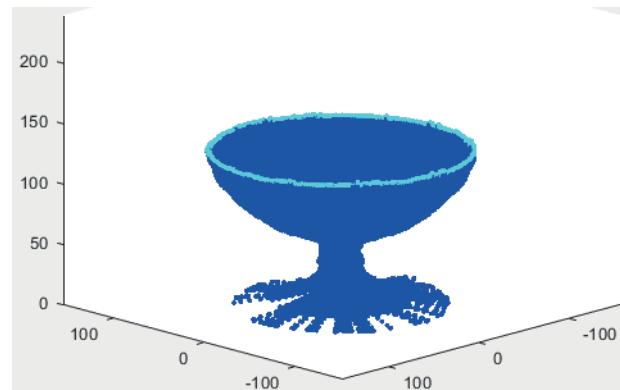


Figura 13 - Nuvem de pontos 3D da amostra de material polimérico utilizando feixe de laser difuso

Fonte: Elaborada pelo autor (2021)

4 | CONCLUSÕES

Baseado nos resultados que foram obtidos, pode-se concluir que a moldagem por escaneamento é fiel e a longo prazo possui menos gastos que a moldagem convencional.

O equipamento desenvolvido neste trabalho demonstra que as tecnologias disponíveis no mercado, em sua maioria de alto custo, podem ser substituídas por alternativas de baixo custo e fácil obtenção. O desempenho satisfatório obtido pelos escaneamentos realizados é um indicador da viabilidade da utilização desses materiais para aplicação intraoral.

Percebeu-se que a variação dos parâmetros influenciou expressivamente na qualidade da nuvem de pontos resultante. A reflexibilidade da superfície teve grande influência, pois quanto mais opaco o material do objeto escaneado, mais definido será o feixe de laser que incide sobre ele. Evitando uma dispersão desse feixe luminoso que pode dificultar o processamento da imagem e, consequentemente, o cálculo das coordenadas 3D. Sendo assim, a amostra de material polimérico foi melhor representada pela nuvem de pontos do que as amostras constituídas pelos materiais reflexivos, metal e vidro. A iluminação do ambiente interferiu negativamente no resultado, pois o feixe do laser não se destaca tanto na imagem, dificultando sua identificação pelos algoritmos. Essa dificuldade de identificação causa erros nos cálculos das coordenadas, gerando uma nuvem com posições distorcidas e pouco fiel ao objeto real. Comparando as nuvens geradas por escaneamento com laser difuso e laser focado, observa-se que o focado cria uma nuvem mais fiel. Para maior precisão do resultado, o feixe de laser precisa estar bem focado pois, assim, ele é representado mais definido na imagem, simplificando a identificação das coordenadas. Os escaneamentos realizados comprovaram isto, entretanto, também indicaram que essa influência da difusão do feixe é pequena. Dado que, apesar de ter menor fidelidade, a nuvem gerada utilizando o laser difuso não foi tão distorcida.

Desse modo, conclui-se que para obter maior fidelidade no modelo gerado, o escaneamento deve ser realizado em ambiente de baixa luminosidade e utilizando um feixe fino de laser. Quanto à superfície do objeto, quanto menor sua flexibilidade maior será a fidelidade do resultado. Considerando o contexto intraoral, a reflexibilidade da cavidade oral pode influenciar negativamente o escaneamento. Sendo assim, para reduzir a influência desse parâmetro, é interessante a utilização de pós para deixar os dentes mais opacos.

Em trabalhos futuros é possível continuar o desenvolvimento do *scanner* 3D, ajustando equipamento e códigos para a situação na qual serão aplicados, escaneamento intraoral, e levando em consideração o que foi concluído neste trabalho.

REFERÊNCIAS

ANDREEA-CODRUȚA, C.; SONIA, N. C.; CHRISTA, Ș.; CRISTINA, M.; MIHAI, T. M.; ANCA, J.; NEGRUȚIU, M.; DUMA, V.; PODOLEANU, A. G.; COSMIN, S. Analysis of modern digital impression technologies – Review. *Romanian Journal of Oral Rehabilitation*, v. 11, n.1, p. 26 – 32, 2019.

ASWANI, K.; WANKHADE, S.; KHALIKAR, A.; DEOGADE, S. Accuracy of an intraoral digital impression: A review. *The Journal of Indian Prosthodontic Society*, v. 20, n. 1, p. 27 – 37, jan. 2020.

CHANDRAN, S. K.; JAINI, J. L.; BABU, A. S.; MATHEW, A.; KEEPANASSERIL, A. Digital Versus Conventional Impressions in Dentistry: A Systematic Review. **Journal of Clinical and Diagnostic Research**, v. 13, n. 4, p. ZE01 - ZE06, abr. 2019.

CICCIÙ, M.; FIORILLO, L.; D'AMICO, C.; GAMBINO, D.; AMANTIA, E. M.; LAINO, L.; CRIMI, S.; CAMPAGNA, P.; BIANCHI, A.; HERFORD, A. S.; CERVINO, G. 3D Digital Impression Systems Compared with Traditional Techniques in Dentistry: A Recent Data Systematic Review. **Materials**, v. 13, n. 8, p. 1982 – 1999, abr. 2020.

KACHHARA, Saloni; NALLASWAMY, Deepak; GANAPATHY, DhanrajM; SIVASWAMY, Vinay; RAJARAMAN, Vaishnavi. Assessment of intraoral scanning technology for multiple implant impressions – A systematic review and meta-analysis. **The Journal of Indian Prosthodontic Society**, v. 20, n. 2, p. 141 – 152, abr. 2020.

LOIOLA, M.; SHIBASAKI, W.; LIMA, L.; SANTOS, M. C.; DIAS, F. A.; POLETTI, T. M.; GUIRALDO, R. D.; GANDINI, L. G.; COTRIM-FERREIRA, F. Escaneamento Intraoral: o fim da era dos modelos de gesso. **OrtodontiaSPO**, v. 52, n. 1, p. 86 – 90, jan. 2019.

MANGANO, F.; GANDOLFI, A.; LUONGO, G.; LOGOZZO, S. Intraoral scanners in dentistry: a review of the current literature. **BMC Oral Health**, v. 17, n. 149, p. 1 – 11, dez. 2017.

OLIVEIRA, M. C.; BORGES, T. M.; DIAS, F. A.; OLTRAMARI-NAVARRO, P. V. P.; POLETTI, M. L.; FERNANDES, T. M. F. Dimensional Stability of Alginates Molds Tridimensionally Scanned. **Journal of Health Sciences**, v. 20, n. 2, p. 78 – 82, jul. 2018.

SUESE, K. Progress in digital dentistry: The practical use of intraoral scanners. **Dental Materials Journal**, v. 39, n. 1, p. 52 – 56, jan. 2020.

SUN, L.; LEE, J.; CHOO, H.; HWANG, H.; LEE, K. Reproducibility of an intraoral scanner: A comparison between in-vivo and ex-vivo scans. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v. 154, n. 2, p. 305 – 310, ago. 2018.

VEIGA, Laura Almeida Da. **Análise da evolução dos materiais e tecnologias de moldagem quanto à capacidade de impressão e estabilidade dimensional:** revisão narrativa de literatura. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Odontologia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

ZAVANELLI, R. A.; ZAVANELLI, A. C.; MAGALHÃES, J. B.; PAULA, W. N.; CARDOSO, L. C.; LIMA, G. R. B.; OLIVEIRA, B. R. G.; MELO, C. C.; MAZARO, J. V. Q. Técnicas convencionais e atuais de moldagem em próteses fixas. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ODONTOLOGIA; PINTO, T.; VERRI, F. R.; CARVALHO JUNIOR, O. B. (org.). **Pro-Odonto Prótese e Dentística:** Programa de Atualização em Prótese Odontológica e Dentística: Ciclo 7. Porto Alegre: Artmed Panamericana, 2016. p. 119-176.

ZINT, M.; STOCK, K.; CLAUS, D.; GRASER, R.; HIBST, R. Development and verification of a snapshot dental intraoral three-dimensional scanner based on chromatic confocal imaging. **Journal of Medical Imaging**, v. 6, n. 3, p. 033502-1 – 033502-13, jul. 2019.