

RESSALVA

Atendendo a solicitação do(a) autor(a), o texto completo desse trabalho será disponibilizado no repositório a partir de 26/04/2026.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de São José dos Campos
Instituto de Ciência e Tecnologia

ALINNE SIQUEIRA CARVALHO

**COMPARAÇÃO DE TÉCNICAS DE MONTAGEM EM
ARTICULADORES VIRTUAIS: fotografia versus valores médios na
determinação da posição maxilomandibular**

ALINNE SIOUEIRA CARVALHO

**COMPARAÇÃO DE TÉCNICAS DE MONTAGEM EM ARTICULADORES
VIRTUAIS: fotografia versus valores médios na determinação da posição
maxilomandibular**

Dissertação apresentada ao Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Campus de São José dos Campos, como parte dos requisitos para obtenção do título de MESTRE, pelo Programa de Pós-Graduação em CIÊNCIAS APLICADAS À SAÚDE BUCAL.

Área: Prótese e Materiais dentários. Linha de pesquisa: Desempenho de materiais e técnicas em odontologia restauradora.

Orientador: Prof. Assoc. Alexandre Luiz Souto Borges

São José dos Campos

2024

Instituto de Ciência e Tecnologia [internet]. Normalização de tese e dissertação [acesso em 2024]. Disponível em <http://www.ict.unesp.br/biblioteca/normalizacao>

Apresentação gráfica e normalização de acordo com as normas estabelecidas pelo Serviço de Normalização de Documentos da Seção Técnica de Referência e Atendimento ao Usuário e Documentação (STRAUD).

Carvalho, Alinne Siqueira

Comparação de técnicas de montagem em articuladores virtuais: fotografia versus valores médios na determinação da posição maxilomandibular. / Alinne Siqueira Carvalho. - São José dos Campos : [s.n.], 2024.
106 f. : il.

Dissertação (Mestrado) - Pós-Graduação em Ciências Aplicadas à Saúde Bucal - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos, 2024.

Orientador: Alexandre Luiz Souto Borges.

1. Articulador. 2. Arco facial virtual. 3. Cad Cam. I. Borges, Alexandre Luiz Souto, orient. II. Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos. III. Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho' - UNESP. IV. Universidade Estadual Paulista (UNESP). V. Título.

IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

A pesquisa explorou a implementação e uso de articuladores virtuais na odontologia restauradora, promovendo avanços significativos na precisão e eficácia dos tratamentos. Alinhada ao ODS 3 (saúde de qualidade), inovou na área de Desempenho de Materiais em Odontologia, melhorando a qualidade do atendimento, reduzindo custos e tempo, e capacitando profissionais. Contribuiu para o desenvolvimento sustentável ao promover saúde acessível e de qualidade, impactando local, regional e nacionalmente, com potencial de internacionalização.

POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

The research explored the implementation and use of virtual articulators in restorative dentistry, promoting significant advancements in treatment precision and effectiveness. Aligned with SDG 3 (Good Health and Well-being), it innovated in the field of Dental Materials Performance, enhancing service quality, reducing costs and time, and empowering professionals. It contributed to sustainable development by promoting accessible and high-quality healthcare, impacting locally, regionally, and nationally, with potential for internationalization.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Assoc. Alexandre Luiz Souto Borges (Orientador)

Universidade Estadual Paulista (Unesp)

Instituto de Ciência e Tecnologia

Campus de São José dos Campos

Prof. Assoc. Tarcisio José de Arruda Paes Junior

Universidade Estadual Paulista (Unesp)

Instituto de Ciência e Tecnologia

Campus de São José dos Campos

Prof Dr Cláudio Luis de Melo-Silva

Centro Universitário de Volta Redonda

Unifoa

Campus de Três Poços

São José dos Campos, 26 de abril de 2024.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, cuja graça e orientação foram a luz que guiou cada passo deste caminho. Agradeço por cada momento de inspiração, força e serenidade concedidos durante esta jornada.

Minha gratidão profunda à minha família: ao meu marido Murilo, por seu amor incondicional, apoio e paciência, aos meus filhos Isaac e Luca, que são a alegria e motivação do meu dia a dia. A minha mãe, Lourdes, cuja força e sabedoria são o alicerce da minha vida, e ao meu avô Waldir, que aos 97 anos continua sendo um exemplo de resiliência, dedicação e amor pela vida.

Cada um de vocês tem sido essencial nessa caminhada, oferecendo o apoio e o amor que fortaleceram meu espírito e alimentaram minha determinação. A todos vocês, minha eterna gratidão e amor.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, minha infinita gratidão a Deus, cuja força e presença foram o alicerce que me manteve firme ao longo desta caminhada. Sem Ele, os desafios teriam sido intransponíveis e cada vitória, menos doce.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Unesp e seus integrantes, por proporcionarem um ambiente acadêmico de excelência que cultivou meu crescimento intelectual e profissional.

Minha gratidão ao Programa de Pós-graduação em Ciências Aplicadas à Saúde Bucal é imensa, mas reservo um agradecimento especial ao meu orientador, Prof. Assoc. Alexandre Luiz Souto Borges, cuja confiança e escolha em me orientar, apesar dos desafios previstos em decorrência da minha intensa rotina de vida, marcaram profundamente minha jornada acadêmica. Sua crença inabalável em meu potencial, suporte intelectual e emocional incansável, e orientação detalhada não apenas iluminaram meu caminho para a conclusão desta pesquisa, mas também me fizeram crescer imensuravelmente como pessoa e profissional. Seu apoio foi uma força motriz essencial que me guiou através dos momentos mais desafiadores, tornando esta jornada não apenas possível, mas profundamente enriquecedora.

Ao Prof. Dr. Luis Claudio Melo, expresso minha profunda gratidão por ser uma fonte constante de inspiração e um pilar de apoio inabalável. É com especial reconhecimento que agradeço ao senhor, que, desde os primeiros passos da minha graduação, depositou fé em meu potencial e me orientou com sua distinta sabedoria.

Expresso minha profunda gratidão ao Prof. Assoc. Tarcisio José De Arruda Paes Junior, cuja dedicação exemplar e incansável disponibilidade em oferecer auxílio foram essenciais para o meu desenvolvimento acadêmico. Sua habilidade em compartilhar conhecimento, combinada com um carisma genuíno e profunda sabedoria, não apenas enriqueceu minha aprendizagem, mas serviu também como uma fonte constante

de inspiração. Seu ensino, marcado por uma entrega apaixonada e uma perspicácia intelectual, desempenhou um papel fundamental na moldagem da minha trajetória acadêmica.

Ao Prof. Assoc. Guilherme Saavedra, agradeço imensamente por dedicar seu tempo e compartilhar seu vasto e valioso conhecimento em odontologia digital, mesmo diante de um cotidiano repleto de compromissos. Sua generosidade em ensinar e orientar foi fundamental para realização dessa pesquisa .

À sabedoria e humanidade do Prof. Dr. Marco Antonio Bottino, que personifica a excelência tanto na vida quanto na profissão, minha profunda gratidão. Seu apoio inabalável e compreensão perspicaz foram fundamentais para o sucesso desta jornada em prótese dentária. Agradeço por iluminar este caminho com sua orientação sábia e carisma marcante.

Expresso minha sincera gratidão à Professora Renata Mello pelo conhecimento e pelas conversas enriquecedoras que compartilhamos. Seu apoio e perspectivas foram essenciais para meu desenvolvimento acadêmico e pessoal.

Aos docentes do programa, minha gratidão por cada lição e por impulsionarem minha busca pelo conhecimento.

Um agradecimento especial às incansáveis Sandra e Carol, da secretaria da pós-graduação, e à Ju, do departamento, cujo apoio e eficiência foram essenciais em cada etapa deste processo.

Minha aluna de Iniciação Científica, Adrielle Ramos, merece um agradecimento especial pelo seu comprometimento e pela jornada que compartilhamos.

A Beatriz Serralheiro, mais do que uma colega, você se tornou uma amiga para a vida, compartilhando comigo cada desafio e vitória. Nossa amizade é sem dúvida um dos tesouros que levo desta experiência.

Gostaria de expressar minha gratidão aos meus colegas de curso, que mais que amigos, tornaram-se verdadeiros irmãos ao longo desta jornada acadêmica. Um agradecimento especial a Genesis Alfoonz, Willian Simões, Elisa Aboucauch, Talita Queiroz, Caíque Casarine e Pedro Gobato, por enriquecerem minha experiência universitária com momentos de alegria e diversão inestimáveis.

Agradeço também imensamente a Larissa Barreto, Laurinha, Karina, Amir, Ana Carolina, Tati Cursino, Ju, Ana Paula e todos aqueles que, de maneira significativa, contribuíram não apenas para o desenvolvimento desta pesquisa, mas para todo o percurso que trilhei. O compartilhamento de momentos, as risadas e o apoio constante foram pilares fundamentais para alcançar esta conquista.

Agradeço profundamente a Pedro, que, apesar de sua vasta expertise em tecnologia digital e dos compromissos de sua agenda como professor, generosamente dedicou seu tempo para contribuir com esta pesquisa.

À querida mestra Amanda Miranda e à Aling Technology, pelo suporte tecnológico e acadêmico inestimável.

Estendo meus sinceros agradecimentos à empresa Exocad pela generosidade em conceder licenças à UNESP, possibilitando que nós, alunos, nos beneficiemos e avancemos em nossos estudos com esta ferramenta de vanguarda.

Agradeço sinceramente aos voluntários que colaboraram com esta pesquisa de maneira tão entusiástica e às profissionais do Departamento de Odontologia Restauradora por sua disponibilidade e pelo auxílio inestimável que proporcionaram.

Ao Murilo, meu esposo, pelo apoio incondicional, por compartilhar comigo as longas noites de estudo e cuidar de nossa família com tanto amor. Aos meus filhos, Isaac e Luca, por compreenderem minhas ausências e encherem minha vida de alegria. E à minha mãe, Lourdes, por ser a rocha de apoio e cuidado incansável. Vocês foram fundamentais em cada passo deste caminho.

Cada um de vocês desempenhou um papel vital nesta jornada, e por isso, meu coração transborda em gratidão. Obrigada por estarem ao meu lado, tornando possível alcançar este marco em minha vida.

“Andá com fé eu vou que a fé não costuma faiá” Gilberto Gil

RESUMO

Carvalho, A. S. Comparação de técnicas de montagem em articuladores virtuais: fotografia versus valores médios na determinação da posição maxilomandibular. São José dos Campos (Sp): Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência E Tecnologia; 2024.

Os articuladores virtuais visam superar limitações dos métodos analógicos na odontologia, integrando-se ao avanço do sistema CAD/CAM para um fluxo digital crescente. Entre as tecnologias disponíveis, destacam-se os articuladores simulados matematicamente, que facilitam reproduções precisas e rápidas na rotina clínica virtual. Este estudo avaliou a eficácia desses articuladores, comparando técnicas de montagem utilizando fotografias e valores médios automáticos. A pesquisa sobre articuladores virtuais na odontologia restauradora investigou a transição dos métodos analógicos para os

virtuais, focando na melhoria da precisão e eficiência dos tratamentos. Utilizando escaneamento intraoral, foram obtidos modelos digitais em Máxima Intercuspidação Habitual (MIH) e posição protusiva, processados no software DentalCad. Dois métodos de montagem foram comparados: um utilizando fotografias para montagem arbitrária e outro baseado em valores médios automáticos. Os resultados mostraram que ambas as técnicas alcançaram níveis similares de precisão na reprodução da posição protusiva da maxila. Especificamente, a média das distâncias entre os modelos protusivos e o modelo de controle não apresentou diferenças estatisticamente significantes ($p > 0,05$), conforme ANOVA de medições repetidas. Esses achados destacam a eficácia dos articuladores virtuais em integrar fluxos de trabalho digitais na odontologia, eliminando as limitações dos métodos analógicos. Conclui-se que a adoção de articuladores virtuais oferece uma abordagem promissora para a odontologia restauradora moderna, com potencial para melhorar significativamente a precisão dos tratamentos e otimizar a prática clínica.

Palavras-chave: articulador; arco facial virtual; Cad Cam.

ABSTRACT

Carvalho, A. S. Comparison of mounting techniques in virtual articulators: photography versus average values in determining maxillomandibular position. são josé dos campos (sp): são paulo state university (unesp), institute of science and technology; 2024.

Virtual articulators aim to overcome limitations of analog methods in dentistry, integrating with the advancement of CAD/CAM systems for a growing digital workflow. Among the available technologies, mathematically simulated articulators stand out for enabling precise and rapid reproductions in virtual clinical routines. This study assessed the effectiveness of these articulators by comparing assembly techniques using photographs and automated average values. Research on virtual articulators in restorative dentistry investigated the transition from analog to virtual methods, focusing on enhancing treatment precision and efficiency. Through intraoral scanning, digital models in Maximum Intercuspation Habitual (MIH) and protrusive position were obtained and processed using DentalCad software. Two assembly methods were compared: one using photographs for arbitrary assembly and another based on automated average values. Results indicated that both techniques achieved similar levels of accuracy in reproducing the protrusive position of the maxilla. Specifically, the mean distances between protrusive models and the control model showed no statistically significant differences ($p > 0.05$), as per repeated measures ANOVA. These findings underscore the efficacy of virtual articulators in integrating digital workflows in dentistry, eliminating analog method limitations. It is concluded that adopting virtual articulators offers a promising approach for modern restorative dentistry, with potential to significantly enhance treatment precision and optimize clinical practice.

Keywords: articulator; virtual facebow; Cad Cam.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma de Montagem	42
Figura 2- Fotografia de perfil.....	43
Figura 3- Fotografia de perfil recortada.....	44
Figura 4-Seleção pântico anatômico e modelos no articulador	45
Figura 5-Programa Exocad DentalCAD seleção arquivos STL	46
Figura 6-Modelos em vista oclusal	47
Figura 7-Modelos em vista de perfil.....	48
Figura 8-Modelos em modo esboço e imagem 2D.....	49
Figura 9 - Modelos em vista oclusal com imagem 2D totalmente alinhada	50
Figura 10- Modelos e imagem 2D alinhados	51
Figura 11– Modelos e imagem 2D sem alinhamento com o articulador	52
Figura 12– Marcação dos pontos para alinhamento.....	53
Figura 13– Modelos, imagem 2D e Articulador	54
Figura 14- Localização do plano de Frankfurt.....	55
Figura 15– Localização do ponto Beyron	56
Figura 16– Seleção de dentes que influenciarão o movimento	57
Figura 17- Seleção de Vista no Software	58
Figura 18 - Opção automático.....	59
Figura 19 - Determinação dos pontos.....	60
Figura 20-Vista lateral dos pontos	60
Figura 21 - Visualização do plano oclusal	61
Figura 22- Ajustes de Parâmetros do Articulador.....	62
Figura 23- Articulador habilitado	62
Figura 24-Fluxograma Mensuração	64
Figura 25-Seleção da ferramenta de proximidade	65
Figura 26-Distancia no modelo em Protusiva	66
Figura 27-Vista oclusal dos contatos	66
Figura 28- Mensuração da distancia inicial dos modelos STL em MIH.....	67
Figura 29-Escolha da posição protusiva	68
Figura 30-Contatos oclusais em protusiva	68

Figura 31– Distância final protusiva.....	69
Figura 32 - Distâncias Finais em milímetros.....	70
Figura 33- Ferramenta Adicionar/Remover malhas.....	71
Figura 34-Seleção da opção "carregar a cena"	72
Figura 35- Arquivo exportado como uma malha genérica.....	73
Figura 36- União das malhas do STL Protusivo controle	74
Figura 37- Alinhamento dos arquivos 3D	75
Figura 38-Opção "melhor ajuste".....	76
Figura 39-Sobreposição das malhas STL-PRO Controle e STL MIH (Foto- Auto)	76
Figura 40 - Marcação do ponto cervical inicial STL Pro controle	77
Figura 41- Marcação do ponto cervical final STL Pro controle	78
Figura 42- Visualização da sobreposição com os pontos marcados.....	78
Figura 43 - Visualização da sobreposição com os pontos marcados em MIH.....	79
Figura 44 - Ajuste final da posição protusiva STL Auto/foto por sobreposição ao modelo STL pro controle	80

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1 Articuladores.....	18
2.2 Classificação dos articuladores mecânicos.....	24
2.2.1 Classificação de Weimberg (1963).....	24
2.2.2 Classificação de Bergstron (1950)	25
2.2.3 Articuladores semiajustáveis	25
2.3 Era virtual	30
2.3.1 Tecnologia CAD-CAM	30
2.3.2 Método De Escaneamento	31
3 PROPOSIÇÃO.....	37
4 MATERIAIS E METODOS	38
4.1 Cálculo amostral.....	38
4.1.1 Sujeitos de pesquisa.....	38
4.1.2 Critérios de inclusão	39
4.1.3 Critérios de exclusão	39
4.1.4 Riscos.....	39
4.1.5 Benefícios.....	40
4.2 Equipamentos utilizados	40
4.3 Métodos de obtenção das imagens.....	40
4.4 Obtenção do registro	40
4.5 Montagem no articulador virtual.....	41
4.5.1 Montagem matematicamente simulada sem individualização	42
4.5.2 Montagem matematicamente simulada individualizada utilizando fotografia	43
4.6 Descrição da técnica de montagem Individualizada utilizando fotografia	43
4.7 Técnica de montagem sem individualização	57
5 ANÁLISE DIGITAL	63
5.1 Metodologias de Comparação Aplicadas.....	63

5.2 Ajuste Protusivo guiado por Contato Oclusal	63
5.3 Ajuste Protusivo Guiado por Sobreposição de Imagem	63
5.4 Detalhamento das Análises	64
5.5 Análise do STL PRO Controle guiada por contato oclusal STL Auto e STL Foto	64
5.6 Análise de Ajuste Protusivo guiada por contato oclusal STL Auto e STL Foto	67
5.7 Análise de Ajuste Protusivo guiada por sobreposição de Imagem – STL AUTO e STL FOTO:.....	70
5.8 Analise Estatística	80
5.9 Hipóteses de Nulidade	81
6 RESULTADOS.....	82
7 DISCUSSÃO.....	89
8 CONCLUSÃO	96
REFERÊNCIAS	97

1 INTRODUÇÃO

Não há dúvidas de que o sucesso do tratamento odontológico está intrinsecamente ligado a um planejamento adequado. Analisar modelos dentários é fundamental para facilitar a visualização da condição oclusal do paciente e permite que o profissional estude o caso sem interferências de tecido mole, proporcionando um contexto mais claro para avaliações precisas (Redmond, 2001). A utilização de articuladores, ferramentas que representam as maxilas e a oclusão do paciente, é vital para identificar possíveis interferências oclusais que podem resultar em danos irreversíveis se não forem corretamente diagnosticadas (Beck et al., 1962; Maestre-Ferrin et al., 2012; Myers et al., 1974).

Historicamente, a busca por metodologias que aprimorem a transferência do relacionamento maxilomandibular para modelos tem sido um foco de pesquisa contínuo (Mitchell et al., 1978). Os articuladores evoluíram significativamente ao longo das décadas, com classificações que incluem desde modelos mecânicos simples até versões completamente ajustáveis e simuladas matematicamente (Rihani, 1980; Koralakunte, 2014; Lepidi et al., 2021).

Para facilitar o entendimento, uma classificação didática os divide em categorias: articuladores mecânicos (AM), que podem ser simples ou não ajustáveis, semiajustáveis e totalmente ajustáveis, e articuladores virtuais (AV), que são classificados em completamente ajustáveis (CA) e simulados matematicamente (SM) (Rihani, 1980; Koralakunte, 2014; Lepidi et al., 2021).

Um método físico amplamente adotado na odontologia para simulação funcional entre as maxilas e a base do crânio é o articulador mecânico semiajustável (ASA). Os ASAs, conhecidos por seu bom custo-benefício, são eficientes quando utilizados corretamente. No entanto, eles ainda apresentam limitações na reprodução de características biológicas do paciente, como a mobilidade dental, padrão de mastigação muscular, elasticidade dos ligamentos e do tecido conjuntivo (Koralakunte, 2014). O processo de montagem mecânico requer etapas precisas, que dependem do material utilizado, bem como do conhecimento e habilidade do operador. A precisão pode ser afetada por distorções no modelo de gesso, no material de registro oclusal, falhas durante o reposicionamento do modelo e registro

interoclusal no articulador, e pela falta de estabilidade do equipamento (Kordaß et al., 2002).

Paralelamente, o avanço das tecnologias digitais tem impulsionado o desenvolvimento dos articuladores virtuais (AVs), que oferecem soluções mais simplificadas e precisas para problemas complexos. Utilizando software especializado, os AVs podem reproduzir as relações maxilomandibulares de forma a superar muitas das limitações dos articuladores mecânicos. Com um AV, é possível não apenas avaliar movimentos dinâmicos mas também analisar de forma específica áreas de interesse, como o movimento da articulação temporomandibular (Bisler et al., 2002; Maestre-Ferrin et al., 2012).

Os dados para os AVs podem ser adquiridos tanto por escaneamento direto, utilizando um scanner intraoral (IOS), quanto de maneira indireta, por meio de escaneamento de modelos de gesso com um scanner de bancada (DSL). Este fluxo totalmente digital facilita a comunicação entre o dentista e o laboratório e serve como uma ferramenta didática entre o profissional e o paciente para elucidar as opções de tratamento (Lepidi et al., 2021; Koralakunte, 2014; Solaberrieta et al., 2013). Os articuladores virtuais, integrados aos sistemas CAD CAM, permitem a execução de planejamentos dentro de um fluxo totalmente digital, reproduzindo movimentos estáticos e dinâmicos adquiridos de modelos virtuais 3D (Lepidi et al., 2021).

Embora os conceitos de aplicação dos AMs e AVs sejam os mesmos, eles diferem nas etapas de montagem. O uso de um arco facial, tanto nos sistemas mecânicos quanto nos virtuais, orienta o plano oclusal em relação à base do crânio (Teteruck, 1966). Além disso, na literatura, várias técnicas são discutidas para a transferência das arcadas digitalizadas para o articulador virtual, incluindo o uso de um arco facial virtual (AFV). Os AVs completamente ajustáveis empregam AFVs, que são capazes de capturar movimentos em tempo real e aplicá-los a modelos 3D que serão transformados em 4D, com exemplos de dispositivos presentes no mercado incluindo MODJAW, utilizando tecnologia óptica, e JMAlyser, através de ultrassom (Lepidi et al., 2021; Koralakunte, 2014). Apesar das inovações, o custo associado a esses equipamentos é um fator que ainda limita sua utilização mais ampla.

Uma abordagem simplificada para a montagem em articuladores virtuais matematicamente simulados envolve o uso da técnica de montagem média, que emprega modelos digitais nos formatos STL (Standard Triangle Language) ou PLY

(Polygon File Format). Este procedimento se baseia nos valores médios estabelecidos pelo triângulo de Bonwill e pelo ângulo de Balkwill, utilizando a borda incisal do incisivo central inferior e as cúspides dos primeiros molares mandibulares como pontos de referência. O objetivo desta metodologia é simular a relação espacial maxilomandibular sem a necessidade de coleta de dados anatômicos particulares do paciente, promovendo uma integração mais eficiente aos fluxos de trabalho digitais. No entanto, é crucial reconhecer que a ausência de consideração pelas variações anatômicas individuais pode comprometer a exatidão da montagem final (Inoue et al., 2024).

Um método totalmente digital para transferir a posição da maxila consiste na montagem virtual através de sobreposição de imagens fotográficas padronizadas com arquivo STL obtido por escaneamento intraoral. Usando um aplicativo CAD, a transferência virtual do arco facial pode ser realizada com apenas duas fotografias do paciente (Petre et al., 2019).

As técnicas de configuração para articuladores, especialmente os modelos virtuais, continuam sendo temas de intensos debates tanto no meio acadêmico quanto na prática clínica. Apesar do interesse crescente, observa-se uma lacuna notável na literatura quanto à eficácia e à aplicabilidade prática desses articuladores virtuais. A maioria dos estudos disponíveis foca em processos complexos, como tomografias e escaneamentos faciais, sugerindo uma carência de investigações acessíveis e métodos que possam ser implementados rotineiramente na prática clínica (Lepidi et al., 2021). Essa lacuna evidencia a necessidade de pesquisas sistemáticas que explorem as capacidades, desafios e potenciais benefícios dos articuladores virtuais em uma variedade de contextos.

Diante disso, surgiram os questionamentos que motivaram esta pesquisa: Seria possível reproduzir de maneira simplificada e precisa o posicionamento do complexo maxilo-mandibular em relação ao crânio usando um articulador virtual? Portanto, este estudo avaliou duas metodologias *in vivo* usando um articulador virtual simulado matematicamente: a primeira baseada em fotografia lateral, que utiliza o plano sagital do paciente para configurar o posicionamento maxilo-mandibular no articulador virtual, e a segunda, uma abordagem não personalizada, utilizando apenas modelos digitais e valores médios para a montagem virtual.

8 CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo demonstraram que as técnicas de montagem em articuladores virtuais, seja através de fotografia ou de valores médios automáticos, alcançaram níveis similares de precisão. Esse achado confirmou a importância dos articuladores virtuais na odontologia moderna, destacando a sua eficácia em integrar fluxos de trabalho digitais e aprimorar a acurácia dos tratamentos dentários, eliminando a dependência de métodos analógicos convencionais. A pesquisa sublinha também a necessidade de investigações futuras focadas na otimização dessas técnicas e na ampliação de sua aplicabilidade, com o objetivo de potencializar os benefícios que os articuladores virtuais oferecem à odontologia.

REFERÊNCIAS

- Ahlers, M. O., Edelhoff, D., & Jakstat, H. A. (2019). Reproduction accuracy of articulator mounting with an arbitrary face-bow vs. average values—a controlled, randomized, blinded patient simulator study. *Clinical Oral Investigations*, 23(3), 1007–1014. <https://doi.org/10.1007/s00784-018-2499-6>
- Almășan, O., Buduru, S., Iacob, S., Chisnoiu, A., Mițaru, L., Mițaru, M., Dămășaru, M. S., Mareșal, I. G., & Negucioiu, M. (2021). CONTACT POINTS DISTRIBUTION ACCORDING TO THE ARTICULATOR TYPE: SEMIADJUSTABLE VERSUS NON ADAPTABLE VERSUS DIGITAL. *Romanian Journal of Stomatology*, 67(2), 112–119. <https://doi.org/10.37897/RJS.2021.2.9>
- Ansari, A., Alsaidan, M., Algadhi, S., Alrasheed, M., Al Talib, I., Alsaaid, A., & Ansari, S. (2021). Impression materials and techniques used in fixed prosthodontics: A questionnaire-based survey to evaluate the knowledge and practice of dental students in Riyadh city. *Journal of Family Medicine and Primary Care*, 10(1), 514. https://doi.org/10.4103/jfmpc.jfmpc_2094_20
- Barnett, F. C. (1984). Articulator mounting and adjustments. *Australian Orthodontic Journal*, 8(4), 128–130.
- Brandrup-Wogensen, T. (1953). The face-bow, its significance and application. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 3(5), 618–630. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(53\)90057-2](https://doi.org/10.1016/0022-3913(53)90057-2)
- Beck, H. O. (1962). Choosing the articulator. *The Journal of the American Dental Association*, 64(4), 468–475. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.1962.0121>
- Bisler, A., Bockholt, U., & Voss, G. (2002). The Virtual Articulator - applying VR technologies to dentistry. *Proceedings Sixth International Conference on Information Visualisation*, 600–602. <https://doi.org/10.1109/IV.2002.1028835>
- Bohner, L. O. L., Neto, P. T., Ahmed, A. S., Mori, M., Laganá, D. C., & Sesma, N. (2016). CEREC Chairside System to Register and Design the Occlusion in Restorative Dentistry: A Systematic Literature Review. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 28(4), 208–220. <https://doi.org/10.1111/jerd.12226>
- Clark, D. M., Oyen, O. J., & Feil, P. (2001). The Use of Specific Dental School-Taught Restorative Techniques by Practicing Clinicians. *Journal of Dental Education*, 65(8), 760–765. <https://doi.org/10.1002/j.0022-0337.2001.65.8.tb03422.x>

Christensen, G. J)2006). Is now the time to purchase an in-office CAD/CAM device? The Journal of the American Dental Association, 137(2), 235–238.
<https://doi.org/10.14219/jada.archive.2006.0149>

de Boever, J. A., Nilner, M., Orthlieb, J.-D., Steenks, M. H., & Educational Committee of the European Academy of Craniomandibular Disorders. (2008). Recommendations by the EACD for examination, diagnosis, and management of patients with temporomandibular disorders and orofacial pain by the general dental practitioner. Journal of Orofacial Pain, 22(3), 268–278.

DeLong, R., Ko, C.-C., Anderson, G. C., Hodges, J. S., & Douglas, W. H. (2002). Comparing maximum intercuspal contacts of virtual dental patients and mounted dental casts. The Journal of Prosthetic Dentistry, 88(6), 622–630.
<https://doi.org/10.1067/mpr.2002.129379>

Edher, F., Hannam, A. G., Tobias, D. L., & Wyatt, C. C. L. (2018). The accuracy of virtual interocclusal registration during intraoral scanning. The Journal of Prosthetic Dentistry, 120(6), 904–912. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2018.01.024>

Elkady, A. A. M., Ameen, S. A., & Sami, R. N. (2023). Intraoral occlusal adjustment time and volume required for CAD/CAM crowns fabricated with different virtual mounting methods (A randomized crossover trial). BDJ Open, 9(1), 19.
<https://doi.org/10.1038/s41405-023-00146-8>

Farias-Neto, A., Dias, A. H. M., de Miranda, B. F. S., & de Oliveira, A. R. (2013). Face-bow transfer in prosthodontics: a systematic review of the literature. Journal of Oral Rehabilitation, 40(9), 686–692. <https://doi.org/10.1111/joor.12081>

GARRIDO GARCIA, V. C., GARCIA CARTAGENA, A., & GONZALEZ SEQUEROS*, O. (1997). Evaluation of occlusal contacts in maximum intercuspation using the T-Scan system. Journal of Oral Rehabilitation, 24(12), 899–903.
<https://doi.org/10.1046/j.1365-2842.1997.00586.x>

Gärtner, C., & Kordaß, / B. (2003). Desenvolvimento e Avaliação O Articulador Virtual: Der Virtuelle Artikulator: Entwicklung e Avaliação Zusammenfassung Introdução.

Hatzi, P., Millstein, P., & Maya, A. (2001). Determining the accuracy of articulator interchangeability and hinge axis reproducibility. Journal of Prosthetic Dentistry, 85(3), a109987. <https://doi.org/10.1067/mpr.2001.10998>

Hong, S.-J., & Noh, K. (2020). Setting the sagittal condylar inclination on a virtual articulator by using a facial and intraoral scan of the protrusive interocclusal position: A dental technique.

Hsu, M. R., Driscoll, C. F., Romberg, E., & Masri, R. (2019). Accuracy of Dynamic Virtual Articulation: Trueness and Precision. *Journal of Prosthodontics*, 28(4), 436–443. <https://doi.org/10.1111/jopr.13035>

Inoue, N., Scialabba, R., Lee, J. D., & Lee, S. J. (2024). A comparison of virtually mounted dental casts from traditional facebow records, average values, and 3D facial scans. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 131(1), 136–143. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2022.03.001>

Jairaj, A., Agroya, P., Tiwari, R. V., Alqahtani, N. M., Salkar, M., Prem Sagar, Y., & Author, C. (2021). Evolution of Articulators-Research and Review (Vol. 25). <http://annalsofrscb.ro>

Koralakunte, P. R. (2014). The Role of Virtual Articulator in Prosthetic and Restorative Dentistry. *JOURNAL OF CLINICAL AND DIAGNOSTIC RESEARCH*. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2014/8929.4648>

Kois, J. C., Kois, D. E., & Chaiyabutr, Y. (2013). Occlusal errors generated at the maxillary incisal edge position related to discrepancies in the arbitrary horizontal axis location and to the thickness of the interocclusal record. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 110(5), 414–419. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2013.06.005>

Kordaß, B., Gärtner, C., Söhnle, A., Bisler, A., Voß, G., Bockholt, U., & Seipel, S. (2002). The virtual articulator in dentistry: concept and development. *Dental Clinics of North America*, 46(3), 493–506. [https://doi.org/10.1016/S0011-8532\(02\)00006-X](https://doi.org/10.1016/S0011-8532(02)00006-X)

Lam, W. Y. H., Hsung, R. T. C., Choi, W. W. S., Luk, H. W. K., Cheng, L. Y. Y., & Pow, E. H. N. (2018). A clinical technique for virtual articulator mounting with natural head position by using calibrated stereophotogrammetry. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 119(6), 902–908. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2017.07.026>

L. Mitchell, D., & D. Wilkie, N. (1978). Articulators through the years. Part I. Up to 1940. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 39(3), 330–338. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(78\)80106-1](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(78)80106-1)

Lepidi, L., Galli, M., Mastrangelo, F., Venezia, P., Joda, T., Wang, H., & Li, J. (2021). Virtual Articulators and Virtual Mounting Procedures: Where Do We Stand? *Journal of Prosthodontics*, 30(1), 24–35. <https://doi.org/10.1111/jopr.13240>

Lepidi, L., Chen, Z., Ravida, A., Lan, T., Wang, H. L., & Li, J. (2019). A Full-Digital Technique to Mount a Maxillary Arch Scan on a Virtual Articulator. *Journal of Prosthodontics*, 28(3), 335–338. <https://doi.org/10.1111/jopr.13023>

Li, J., Chen, Z., Decker, A. M., Wang, H. L., Joda, T., Mendonca, G., & Lepidi, L. (2022). Trueness and Precision of Economical Smartphone-Based Virtual Facebow Records. *Journal of Prosthodontics*, 31(1), 22–29. <https://doi.org/10.1111/jopr.13366>

- Lin, H., Pan, Y., Wei, X., Wang, Y., Yu, H., & Cheng, H. (2023). Comparison of the performance of various virtual articulator mounting procedures: a self-controlled clinical study. *Clinical Oral Investigations*, 27(7), 4017–4028. <https://doi.org/10.1007/s00784-023-05028-9>
- Mann, N. K., Pasricha, N., Singh, K., & Mann, N. S. (2017). The Evolution of Articulators – Part II. *Stomatoloski Glasnik Srbije*, 64(4), 184–193. <https://doi.org/10.1515/sdj-2017-0018>
- Maestre-Ferrin, L., Romero-Millan, J., Penarrocha-Oltra, D., & Penarrocha-Diago, M. (2012). Virtual articulator for the analysis of dental occlusion: An update. *Medicina Oral Patología Oral y Cirugía Bucal*, e160–e163. <https://doi.org/10.4317/medoral.17147>
- Martins, A. v., Albuquerque, R. C., Santos, T. R., Silveira, L. M., Silveira, R. R., Silva, G. C., & Silva, N. R. F. A. (2017). Esthetic planning with a digital tool: A clinical report. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 118(6), 698–702. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2017.02.016>
- Maveli, T. C., Suprono, M. S., Kattadiyil, M. T., Goodacre, C. J., & Bahjri, K. (n.d.). In vitro comparison of the maxillary occlusal plane orientation obtained with five facebow systems.
- Mazurkiewicz, P., Oblizajek, M., Rzeszowska, J., Sobolewska, E., Ey-Chmielewska, H., & Szymańska-Kozula, R. (2022). Determining the occlusal plane: a literature review. *CRANIO®*, 40(4), 341–347. <https://doi.org/10.1080/08869634.2019.1703093>
- Mitchell, D. L., & Wilkie, N. D. (1978). Articulators through the years. Part II. From 1940. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 39(4), 451–458. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(78\)80166-8](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(78)80166-8)
- Mohamed, S. E., Schmidt, J. R., & Harrison, J. D. (1976). Articulators in dental education and practice.
- Myers, G. E. (1974). Status report on articulators. *The Journal of the American Dental Association*, 89(5), 1158–1161. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.1974.0539>
- Nagy, W. W., & Goldstein, G. R. (2019). Facebow Use in Clinical Prosthodontic Practice. *Journal of Prosthodontics*, 28(7), 772–774. <https://doi.org/10.1111/jopr.12944>
- Naumovski, B., & Kapushevska, B. (2017). Dimensional Stability and Accuracy of Silicone – Based Impression Materials Using Different Impression Techniques – A Literature Review. *PRILOZI*, 38(2), 131–138. <https://doi.org/10.1515/prilozi-2017-0031>
- Nishioka, R. S., & Almeida, E. E. S. (2010). Método de obtenção de registros oclusais em prótese parcial fixa - revisão da literatura. *Brazilian Dental Science*, 4(2). <https://doi.org/10.14295/bds.2001.v4i2.121>

Park, J. H., Lee, G.-H., Moon, D.-N., Kim, J.-C., Park, M., & Lee, K.-M. (2021). A digital approach to the evaluation of mandibular position by using a virtual articulator. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 125(6), 849–853. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2020.04.002>

Petre, A., Drafta, S., Stefanescu, C., & Oancea, L. (2019). Virtual facebow technique using standardized background images. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 121(5), 724–728. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2018.07.008>

Pr, J., & Gs, B. (2008). Selection of articulator for general dental practice Specialist Resident. In *Kathmandu University Medical Journal* (Vol. 6, Issue 1).

Raghav, D., Kapoor, K., Alqahtani, A., Kola, M., & Alqahtani, F. (2016). Intricate relations and concepts of reference points in prosthodontics: A literature review. *European Journal of Prosthodontics*, 4(1), 1. <https://doi.org/10.4103/2347-4610.182959>

Redmond, W. R. (2001). Digital models: a new diagnostic tool. *Journal of Clinical Orthodontics* : JCO, 35(6), 386–387.

Rihani, A. (1980). Classification of articulators. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 43(3), 344–347. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(80\)90414-X](https://doi.org/10.1016/0022-3913(80)90414-X)

Rosmaninho, A., Zeitler, J. M., Vedovato, E., Kois, J. C., & Revilla-León, M. (2024). Using an additively manufactured natural head position reference device to transfer the horizon orientation plane and integrate it with a 3-dimensional virtual patient: A dental technique.

Sanjna, N. (2017). Mandibular Movements: Record and analysis from time immemorial. *Annals of Prosthodontics and Restorative Dentistry*, 3(2), 57–59. <https://doi.org/10.18231/2455-8486.2017.0013>

Solaberrieta, E., Garmendia, A., Minguez, R., Brizuela, A., & Pradies, G. (2015a). Virtual facebow technique. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 114(6), 751–755. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2015.06.012>

Solaberrieta, E., Mínguez, R., Barrenetxea, L., Otegi, J. R., & Szentpétery, A. (2015b). Comparison of the accuracy of a 3-dimensional virtual method and the conventional method for transferring the maxillary cast to a virtual articulator. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 113(3), 191–197. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2014.04.029>

Solaberrieta, E., Otegi, J. R., Mínguez, R., & Etxaniz, O. (2014). Improved digital transfer of the maxillary cast to a virtual articulator. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 112(4), 921–924. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2014.03.021>

Solaberrieta, E., Minguez, R., Etxaniz, O., & Barrenetxea, L. (2013). Improving the digital workflow: direct transfer from patient to virtual articulator. *International Journal of Computerized Dentistry*, 16(4), 285–292.

The Glossary of Prosthodontic Terms: Ninth Edition. *J Prosthet Dent*. 2017 May;117(5S):e1-e105. doi: 10.1016/j.prosdent.2016.12.001

Starcke, E. N. (1999a). The History of Articulators: A Perspective on the Early Years, Part I. *Journal of Prosthodontics*, 8(3), 209–211. <https://doi.org/10.1111/j.1532-849X.1999.tb00037.x>

Starcke, E. N. (1999b). The History of Articulators: A Perspective on the Early Years, Part II. *Journal of Prosthodontics*, 8(4), 277–280. <https://doi.org/10.1111/j.1532-849X.1999.tb00052.x>

Starcke, E. N. (2000). The History of Articulators: Early Attempts to Reproduce Mandibular Movement. *Journal of Prosthodontics*, 9(1), 51–56. <https://doi.org/10.1111/j.1532-849X.2000.00051.x>

Starcke, E. N. (2001). The history of articulators: The appearance and early use of the incisal-pin and guide. *Journal of Prosthodontics*, 10(1), ajpro0100052. <https://doi.org/10.1053/jpro.2001.24583>

Starcke, E. N. (2002). The history of articulators: From facebows to the Gnathograph, a brief history of early devices developed for recording condylar movement: Part II. *Journal of Prosthodontics*, 11(1), ajpro0110053. <https://doi.org/10.1053/jpro.2002.31438>

Starcke, E. N., Engelmeier, R. L., & Belles, D. M. (2010). The History of Articulators: The “Articulator Wars” Phenomenon with Some Circumstances Leading up to It. *Journal of Prosthodontics*, 19(4), 321–333. <https://doi.org/10.1111/j.1532-849X.2009.00539.x>

Tamaki, K., Čělár, A. G., Beyrer, S., & Aoki, H. (1997). Reproduction of excursive tooth contact in an articulator with computerized axiography data. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 78(4), 373–378. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(97\)70044-1](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(97)70044-1)

Teteruck, W. R., & Lundeen, H. C. (1966). The accuracy of an ear face-bow. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 16(6), 1039–1046. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(66\)90169-7](https://doi.org/10.1016/0022-3913(66)90169-7)

Úry, E., Fornai, C., & Weber, G. W. (2020). Accuracy of transferring analog dental casts to a virtual articulator. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 123(2), 305–313. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2018.12.019>

Weinberg, L. A. (1963). An evaluation of basic articulators and their concepts. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 13(4), 622–644. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(63\)90133-1](https://doi.org/10.1016/0022-3913(63)90133-1)

Wilkie, N. D. (1979). REMOVABLE PROSTHODONTICS The anterior point of reference.

Zaghlán, R. A., Aqrabawi, J., Al-Fatyan, O., & Abuzaghlán, B. (2021). Journal of International Dental and Medical Research ISSN 1309-100X Dental Articulators Rawan Abu Zaghlán and et al Volume • 14 • Number • 4 • 2021 Review. In J Int Dent Med Res (Vol. 14, Issue 4). <http://www.jidmr.com>