

TECNOLOGIA DIGITAL APLICADA À MANUFATURA DE PRÓTESES DENTÁRIAS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Natalia Biscolli Biasi (UFPR) nbbiasi@hotmail.com
Robson Seleme (UFPR) robsonseleme@ufpr.br

Resumo:

A crescente competitividade vem exigindo que o mercado apresente produtos cada vez mais inovadores e de ótima qualidade. Inseridas neste contexto, as empresas buscam por investirem e utilizarem tecnologias digitais em seus processos de manufatura. A qualidade, no sentido de satisfazer as necessidades individuais dos clientes, tornou-se o principal fator de diferenciação entre os produtos. Em meio à crescente demanda por estas necessidades exclusivas, surge a chamada Quarta Revolução Industrial, também conhecida por Indústria 4.0. Em se tratando do ramo médico odontológico, a utilização de tecnologia digital aplicada à manufatura de próteses dentárias teve início nos últimos 25 anos. Porém, foi somente nos últimos anos que uma crescente demanda e utilização destas técnicas vêm sendo percebida. Estudos contendo dados da literatura tratando das vantagens e desvantagens que a utilização de tecnologia digital aplicada à manufatura de próteses dentárias traz para os profissionais da área, são pouco encontrados. Tal perspectiva dificulta a tomada de decisão dos usuários em escolherem um produto proveniente de manufatura de fluxo digital ou convencional. O presente estudo identificou, através de uma revisão sistemática da literatura, quais as vantagens e desvantagens da utilização de tecnologia digital aplicada a este ramo da indústria. Dentre as 31 vantagens encontradas, a maioria esta relacionada a melhorias na qualidade do produto e processo produtivo. Por sua vez, analisando-se as 16 desvantagens elencadas, o principal fator negativo remete a alto investimento em equipamentos e treinamentos.

Palavras chave: Indústria 4.0, Odontologia digital, CAD/CAM

Digital technology applied in dental prostheses manufacturing: a systematic review

Abstract

The increasing competitiveness has demanded that the market present innovative products and which present great quality. Inserted in this context, companies seek to invest and use digital technologies in their manufacturing processes. Quality, aiming to meet individual customers necessities, has become the main factor of differentiation between products. Among the growing demand for these unique needs, born the called Fourth Industrial Revolution, also known as Industry 4.0. In the dental medical field, the use of digital technology applied to the manufacture of dental prostheses began in the last 25 years. However, it is only during the recent years that an increasing demand and use of these techniques have been perceived. Studies containing data from the literature related to the advantages and disadvantages that the use of digital technology applied to the manufacture of dental prostheses brings to the professionals of this area, are scarce. Such perspective makes difficult for users to hinder a decision on whether to choose a product from digital or conventional workflow. The present study

identified, through a systematic review of the literature, the advantages and disadvantages related to the use of digital technology for dental prostheses manufacturing. Among the 31 advantages found, most refer to improvements in product quality and manufacturing processes. When evaluating the 16 disadvantages listed, the main negative factor refers to high investment in equipment and training.

Key-words: Industry 4.0, Digital dentistry, CAD/CAM

1. Introdução

A crescente competitividade tem pressionado as empresas a buscarem por modernização, maior capacitação de pessoas e investimento em tecnologias. O anseio por produtos inovadores que apresentem melhor qualidade e desempenho, satisfazendo a necessidade dos clientes, direciona a estratégia das empresas em meio a um mundo globalizado (DE CARLI; DELAMARO, 2007).

A qualidade, no sentido de satisfazer as necessidades individuais dos clientes, tornou-se o principal fator de diferenciação entre os produtos. Os clientes estão dispostos a pagar mais pelos produtos que atendam a suas características individuais como tamanho, estilo, vontade, necessidade, entre outros (TSENG; DU, 1998).

Em meio à crescente demanda por estas necessidades exclusivas, surge a chamada Quarta Revolução Industrial, também conhecida por Indústria 4.0. Para Schwab (2016), a tecnologia e digitalização irão modificar tudo, e no fim quem sai ganhando mais com isso é o próprio consumidor. Ainda segundo Schwab (2016), na categoria digital, os avanços propostos fazem com que os produtos, serviços, entre outros, estejam conectados com as pessoas por meio de diversas plataformas e tecnologias *online*.

Tratando-se especificamente do segmento médico odontológico, Sam e Bonnick (2011) definem a Odontologia Digital como qualquer tecnologia ou dispositivo dentário que incorpora componentes controlados por computador ou digitalmente.

Em meados da década de 1990, o surgimento da câmera intraoral resultou no movimento de monitores de computador para dentro da sala de procedimento cirúrgico. Os *softwares* atuais combinam com sucesso funções administrativas juntamente com características clínicas, aumentando assim o papel dos computadores no consultório de dentistas (SAM; BONNICK, 2011).

A Odontologia Digital vem abrindo novos cenários neste campo médico e, conforme esta tendência continua a evoluir, a digitalização vai começar a fazer parte integral da odontologia protética, com a probabilidade da maioria de seus procedimentos serem baseados em técnicas digitais em um futuro muito próximo (BHAMBHANI; BHATTACHARYA, 2013).

Neste contexto, o presente artigo busca apresentar as principais vantagens e desvantagens da utilização de tecnologia digital, como a tecnologia CAD/CAM, aplicada a manufatura de próteses dentárias. Para que estes fatores sejam encontrados, foi realizada uma revisão sistemática da literatura, a qual tem seus processos descritos ao longo deste documento.

1.1. Quarta Revolução industrial

A Alemanha possui uma das mais competitivas indústrias do mundo, e foi neste país, em 2011, que o conceito de Indústria 4.0 surgiu pioneiramente, a partir de um artigo publicado pelo próprio governo alemão. O conceito de Indústria 4.0 descreve a crescente digitalização de toda a cadeia de valor e por consequência a interconexão de pessoas, objetos e sistemas através de troca de dados em tempo real (DORST, 2015).

Nas primeiras três revoluções industriais, tecnologias mecânicas, elétricas e de informação foram desenvolvidas com o objetivo de melhorar a produtividade dos processos industriais (ZHOU, K.; LIU, ZHOU, L., 2015). Segundo Lu (2017), após a primeira revolução industrial com a utilização do vapor, a segunda com a eletricidade e a terceira com produção automatizada, a quarta revolução industrial, também denominada Indústria 4.0, está em andamento, com produção de sistemas físicos cibernéticos (CPS), baseado em dados heterogêneos e integração de conhecimento.

Monostori (2016) descreve que máquinas inteligentes, pessoas e empresas conectadas pela internet de alta velocidade mudarão fundamentalmente a manufatura. Tais sistemas conectados, denominados sistemas ciber-físicos (CPS), melhorarão a qualidade e a produtividade de fabricação, apoiando a manufatura inteligente.

Mais importante, o CPS permitirá a participação do usuário na concepção do produto e dará apoio à colaboração de clientes, fornecedores e fabricantes. A personalização está emergindo como um novo paradigma de fabricação, com o objetivo de atender às necessidades altamente diversificadas dos clientes e ao forte desejo dos mesmos de participar no projeto e na fabricação de produtos (HU, 2013).

1.2. Tecnologia digital aplicada à manufatura de próteses dentárias

Assim como em vários ramos da indústria, as etapas de manufatura no setor médico odontológico estão cada vez mais automatizadas (BEUER; SCHWEIGER; EDELHOFF, 2008). A rápida evolução do CAD/CAM gerou um impacto em todos os ramos da Odontologia, especialmente no setor de prótese dentária e odontologia restaurativa. A integração destes sistemas tecnológicos com os avanços nos biomateriais têm levado a grandes alterações na educação e no tratamento de pacientes (ALGHAZZAWI, 2016).

Fasbinder (2010) afirma que a primeira restauração cerâmica manufaturada através de tecnologia CAD/CAM foi instalada em 1985, e que passadas mais de duas décadas, pode-se perceber uma grande evolução dos *softwares* e materiais disponíveis para a técnica.

A tecnologia CAD/CAM foi desenvolvida para solucionar três desafios: resistência mecânica da restauração, principalmente para a região posterior da boca; criação de restaurações com aspecto natural; e fazer com que a obtenção das restaurações seja mais fácil e rápida, melhorando também sua precisão no encaixe (DAVIDOWITZ e KOTICK, 2011).

Como demonstrado por Fasbinder (2012), Alghazzawi (2016) e Van Noort (2012), o fluxo CAD/CAM para manufatura de próteses dentárias possui três principais etapas: aquisição de dados, processamento dos dados e manufatura.

A aquisição de dado é a etapa de escanemento onde um scanner é utilizado para obtenção da modelagem 3D do paciente, o qual pode ser feito através de escaneamento intraoral ou escaneamento indireto, onde o modelo de gesso é escaneado (FASBINDER, 2012; ALGHAZZAWI, 2016; VAN NOORT, 2012).

Para Van Noort (2012) e Sason *et al.* (2018), o escanemento intraoral permite ao clínico adquirir diretamente os dados do paciente, sem a necessidade de fazer impressões convencionais e criar moldes. Em meio a este contexto, Birnbaum (2009) afirma que este processo elimina várias etapas no consultório odontológico, levando a economia de tempo. Além disso, este processo permite que os dados sejam transmitidos para etapa de projeto e manufatura através da internet (FASBINDER, 2010).



Figura 1 – Escaneamento intraoral sendo realizado
FONTE: Van Noort (2012)

Com os dados capturados para o computador, um *software* (CAD) é utilizado para realização do projeto virtual da prótese. Esta pode ser o contorno completo da restauração ou somente uma estrutura interna, a qual não possui um formato final de dente, pois terá seu exterior posteriormente trabalhado por um profissional, esta estrutura é comumente denominada *coping* (FASBINDER, 2012; ALGHAZZAWI, 2016; VAN NOORT, 2012).

O formato do projeto 3D da restauração é uma etapa muito importante para que sua fabricação seja realizada com sucesso. Geometrias de dentes são fornecidas pelo sistema, porém alterações manuais no projeto são sempre comumente necessárias, uma vez que cada paciente é único com geometrias de dentes variadas. (BÁRTOLO; BIDANDA, 2008)

Para a última etapa, a de manufatura, a usinagem da restauração é realizada através de um bloco sólido de material restaurativo. Um equipamento conectado ao computador (CAM) realiza a manufatura da peça baseado no projeto realizado virtualmente (FASBINDER, 2012; ALGHAZZAWI, 2016; VAN NOORT, 2012). O método de manufatura subtrativa é atualmente o principal utilizado. O equipamento possui uma ferramenta que atua na remoção de material a partir de um bloco até alcançar a forma desejada em formato e tamanho (ZANDPARSA, 2014). Este processo tem demonstrado que o tempo necessário para manufatura das restaurações é menor, e mesmo que com geometrias e modelos complexos, consegue usinar a peça facilmente (VAN NOORT, 2012; BIDRA; TAYLOR; AGAR, 2013).

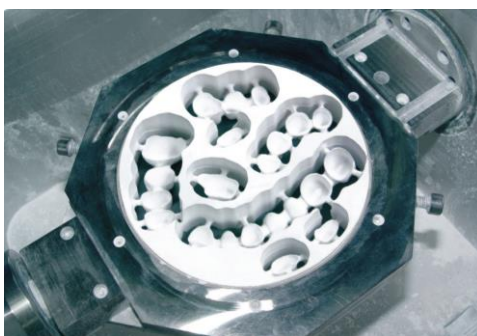


Figura 2 – Bloco de zircônia com restaurações usinadas
Fonte: Beuer, Schweiger e Edelhoff (2008)

2. Metodologia

Para que as vantagens e desvantagens da utilização de tecnologia digital para manufatura de próteses dentárias sejam encontradas, a metodologia de revisão sistemática da literatura (RSL) foi aplicada. Esta metodologia permite que os pesquisadores e decisores sejam capazes de localizar, avaliar e agregar, de forma rigorosa e sistemática, os resultados de todos os estudos empíricos relevantes relacionados a um tema particular de interesse, a fim de fornecer um

resumo objetivo da evidência relevante (BRERETON *et al.*, 2007, p. 572).

A primeira etapa para a elaboração da RSL consiste na definição dos termos de busca. Para a presente pesquisa, utilizou-se como estratégia a criação de dois grupos de termos de busca, os quais foram combinados entre si com o operador booleano “AND”. A pesquisa foi toda realizada em inglês e os bancos de dados utilizados foram o *Science Direct* e *PubMed*. O primeiro concentra uma grande quantidade de artigos publicados em periódicos de diversas áreas científicas, já o segundo reúne estudos da área médica, ambos contendo estudos *peer reviewed*. Na TABELA 1 abaixo são apresentados os termos de busca utilizados:

Grupo 1	Operador	Grupo 2
CAD CAM technology	AND	benefit
digital dentistry		advantage
dental CAD CAM		profit
-		disadvantage
-		drawback

Fonte: A autora (2017)

Tabela 1 – Termos de busca para a revisão sistemática da literatura

Para realizar a pesquisa, um termo do Grupo 1 foi combinado com outro termo do Grupo 2, realizando-se todas as combinações. Como critério de exclusão para a busca foi aplicado um filtro em que artigos mais antigos que 10 anos fossem eliminados. Uma vez que a pesquisa nos bancos de dados foi realizada em Outubro de 2017, foram analisados artigos publicados a partir do ano de 2007.

Conforme descrito por Conforto, Amaral e Silva (2011), durante a fase de entrada da revisão sistemática, além dos termos de busca e critérios de inclusão e exclusão serem definidos, deve-se por sua vez definir as etapas para a condução de busca e os filtros que serão aplicados para a triagem dos periódicos relevantes.

A seleção dos artigos relevantes para este estudo foi realizada através da aplicação de filtros. Uma primeira etapa de pré-seleção consistiu na leitura do título do artigo, caso este demonstrasse ser relacionado ao tema, o artigo era selecionado para o Filtro 1. No Filtro 1 foi realizado a leitura do título, resumo e palavras-chave. Os trabalhos selecionados passaram pelo Filtro 2, o qual consistiu na leitura da Introdução e Conclusão do estudo. Por último, o Filtro 3 foi aplicado, realizando-se a leitura na íntegra do artigo.

Ao total foram encontrados 747 artigos e pré-selecionados 68. Após análise do Filtro 1 restaram 39 artigos. Antes dos artigos serem analisados pelos parâmetros do Filtro 2, notou-se que haviam muitos artigos repetidos. Eliminando-se as repetições restaram apenas 22 artigos para serem analisados. Após o Filtro 2, 18 artigos permaneceram, dentre estes, três foram desconsiderados pelo Filtro 3 e, portanto, restaram ao final 15 estudos considerados relevantes ao tema proposto.

Os artigos encontrados e filtrados em cada etapa foram catalogados em uma planilha, como sugerido por Conforto, Amaral e Silva (2011). Após a aplicação do último filtro (Filtro 3), um método iterativo de busca cruzada de artigos foi realizado. Através deste método, os artigos referenciados pelos estudos já catalogados são avaliados e caso designados como relevantes, passam pelo mesmo processo de triagem exposto. Esta metodologia de referência cruzada como também proposta por Conforto, Amaral e Silva (2011) é especialmente importante, pois “identifica estudos relevantes que não foram encontrados durante a busca nos periódicos ou

bases de dados”.

A FIGURA 1 demonstra o procedimento iterativo de Revisão Sistemática da Literatura realizada no presente trabalho.

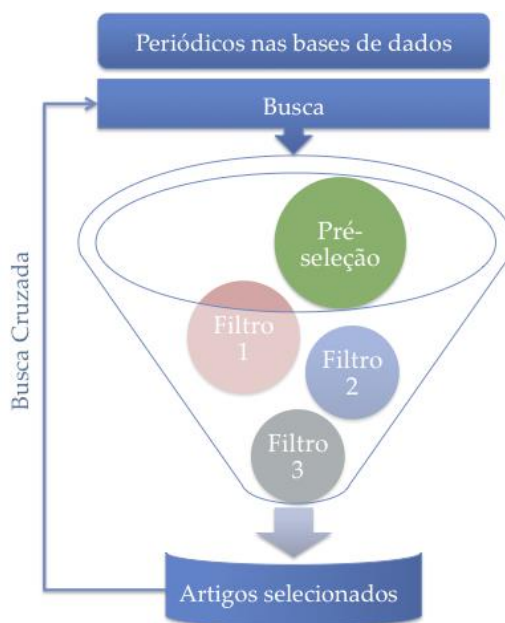


Figura 1 – Procedimento para processo iterativo de RSL
Fonte: Adaptado de CONFORTO; AMARAL; SILVA (2011).

Após a realização da metodologia de busca cruzada, foram encontrados 14 artigos relevantes. Para esta etapa, o critério de exclusão de artigos dos últimos 10 anos foi desconsiderado, portanto foram selecionados estudos julgados significativos independentemente do ano de publicação. Todo o procedimento de seleção e triagem dos artigos, conforme apresentado acima, também foi realizado para os artigos provenientes desta busca cruzada, e após aplicação de todos os filtros, foram selecionados mais 5 artigos.

Portanto, ao final do procedimento sistemático foram catalogados ao total 20 artigos relevantes para o presente estudo, os quais auxiliarão no cumprimento do objetivo proposto.

Os artigos apresentaram conteúdo relevante, porém muitos deles elencam somente uma ou duas vantagens ou desvantagens. A maioria dos estudos retém-se à descrição do procedimento de manufatura de próteses dentárias a partir de tecnologia CAD/CAM, ou demonstram casos clínicos utilizando a técnica. Este fato, demonstra a relevância do tema escolhido.

3. Resultados

Ao final da Revisão Sistemática de Literatura realizada, foi verificado que os 18 estudos estão distribuídos em 11 periódicos diferentes e 2 foram publicados em congressos ou eventos relacionados à área de engenharia ou medicina.

Vários autores apontam em seus estudos vantagens e desvantagens da utilização de tecnologia CAD/CAM para manufatura de próteses dentárias (REKOW *et al.*, 1991; BEUER; SCHWEIGER; EDELHOFF, 2008; DAI *et al.*, 2008; RESHAD; CASCIONE; AALAM, 2009; MIYAZAKI *et al.*, 2009; FASBINDER, 2010; TOUCHSTONE; NIETING; ULMER, 2010; ABDUO *et al.*, 2011; DAVIDOWITZ; KOTICK, 2011; VAN NOORT, 2012; BIDRA;

TAYLOR; AGAR, 2013; LEE; GALLUCCI, 2013; LIN *et al.*, 2014; PRITHVIRAJ *et al.*, 2014; ZANDPARSA, 2014; LIN *et al.*, 2015; MCLAUGHLIN; RAMOS, 2015; ALGHAZZAWI, 2016; TRAN; NESBIT; PETRIDIS, 2016; ATRIA *et al.*, 2017).

A TABELA 2 relaciona as vantagens encontradas e os autores dos estudos que as elencaram.

ID	Vantagem	Referência(s)
1	Erradicação de imprecisões nas próteses	ABDUO <i>et al.</i> , 2011 VAN NOORT, 2012 ALGHAZZAWI, 2016 LIN <i>et al.</i> , 2015
2	Redução de erros relacionados a encolhimento ou expansão de materiais	ALGHAZZAWI, 2016 ATRIA <i>et al.</i> , 2017
3	Sem necessidade de criação de modelo de gesso	ALGHAZZAWI, 2016
4	Técnico não consegue alterar as dimensões	ALGHAZZAWI, 2016
5	Eliminação da contração por polimerização da prótese definitiva	MCLAUGHLIN; RAMOS, 2015 TOUCHSTONE; NIETING; ULMER, 2010 BIDRA; TAYLOR; AGAR, 2013 PRITHVIRAJ <i>et al.</i> , 2014 MCLAUGHLIN; RAMOS, 2015 ATRIA <i>et al.</i> , 2017
6	Melhor adaptação/precisão da prótese	TOUCHSTONE; NIETING; ULMER, 2010 MCLAUGHLIN; RAMOS, 2015
7	Diminuição de erros oclusais	TOUCHSTONE; NIETING; ULMER, 2010 MCLAUGHLIN; RAMOS, 2015
8	Maior variedade de técnicas de manufatura	VAN NOORT, 2012
9	Maior resistência	BIDRA; TAYLOR; AGAR, 2013
10	Facilmente reproduzível, devido aos dados digitais serem armazenados	BIDRA; TAYLOR; AGAR, 2013 ATRIA <i>et al.</i> , 2017
11	Capacidade para um melhor controle de qualidade	BEUER; SCHWEIGER; EDELHOFF, 2008 MIYAZAKI <i>et al.</i> , 2009 TOUCHSTONE; NIETING; ULMER, 2010 BIDRA; TAYLOR; AGAR, 2013
12	Software já fornece parâmetros para a peça como espessura e suporte necessários	TOUCHSTONE; NIETING; ULMER, 2010
13	Melhora na longevidade da prótese	PRITHVIRAJ <i>et al.</i> , 2014
14	Diminuição do potencial para alojar microorganismos e gerar infecções	BIDRA; TAYLOR; AGAR, 2013
15	Melhor biocompatibilidade	PRITHVIRAJ <i>et al.</i> , 2014
16	Evita erros por diminuir etapas de trabalho do operador	ATRIA <i>et al.</i> , 2017
17	Diminuição de ajustes necessários em boca após usinagem	TOUCHSTONE; NIETING; ULMER, 2010
18	Possibilidade de manufatura de próteses em novos materiais	BEUER; SCHWEIGER; EDELHOFF, 2008 MIYAZAKI <i>et al.</i> , 2009 VAN NOORT, 2012 REKOW <i>et al.</i> , 1991
19	Melhoria na qualidade estética da prótese	DAVIDOWITZ; KOTICK, 2011 TRAN; NESBIT; PETRIDIS, 2016
20	Eliminação da necessidade de prótese temporária	REKOW <i>et al.</i> , 1991
21	Possibilidade de integração de dados entre dentistas e laboratório, melhor comunicação	FASBINDER, 2010 ATRIA <i>et al.</i> , 2017
22	Diminuição da complexidade do processo	RESHAD; CASCIONE; AALAM, 2009 ABDUO <i>et al.</i> , 2011 VAN NOORT, 2012 ATRIA <i>et al.</i> , 2017

23	Padronização dos processo de produção	BEUER; SCHWEIGER; EDELHOFF, 2008 REKOW et al., 1991 DAI et al., 2008 RESHAD; CASCIONE; AALAM, 2009
24	Redução de tempo para manufatura	MIYAZAKI et al., 2009 DAVIDOWITZ; KOTICK, 2011 VAN NOORT, 2012 ZANDPARSA, 2014 ATRIA et al., 2017 ALGHAZZAWI, 2016 ATRIA et al., 2017
25	Minimização do desconforto do paciente	DAVIDOWITZ; KOTICK, 2011 LEE; GALLUCCI, 2013 LIN et al., 2014 TOUCHSTONE; NIETING; ULMER, 2010
26	Redução de visitas do paciente	BIDRA; TAYLOR; AGAR, 2013 ATRIA et al., 2017
27	Aumento da produtividade	BEUER; SCHWEIGER; EDELHOFF, 2008 MIYAZAKI et al., 2009 TOUCHSTONE; NIETING; ULMER, 2010 VAN NOORT, 2012
27	Redução de custos para paciente e dentista	BIDRA; TAYLOR; AGAR, 2013 LIN et al., 2015 ATRIA et al., 2017
28	Possibilidade de escanear e avaliar a imagem no mesmo tempo na tela do computador para fazer ajustes necessários	ALGHAZZAWI, 2016
29	Verificação imediata da qualidade da impressão digital	TOUCHSTONE; NIETING; ULMER, 2010
30	Redução do tempo de atendimento	ATRIA et al., 2017 LEE; GALLUCCI, 2013
31	Restaurações com aparência natural devido aos materiais com várias gamas de cores	DAVIDOWITZ; KOTICK, 2011

Fonte: A autora (2018)

Tabela 2 – Vantagens da utilização da tecnologia CAD/CAM para manufatura de próteses dentárias

Segundo Rekow *et al.* (1991), a tecnologia CAD/CAM permite aos usuários produzirem próteses dentárias em cerâmica e com geometrias complexas em menos de uma hora, através de um computador com condições de manufatura controladas. Davidowitz e Kotick (2011) afirmam que este processo por ser mais rápido e com menos etapas, reduz custos. Para os pacientes, isto gera a possibilidade de receberem uma prótese de alta qualidade, mais rapidamente e ainda com um processo mais confortável por evitar as moldagens convencionais.

Por sua vez, a TABELA 3 elenca as desvantagens encontradas e os autores dos estudos que as relataram.

ID	Vantagem	Referência(s)
1	Acurácia limitada para impressão digital de arcos totais	ALGHAZZAWI, 2016 BIDRA; TAYLOR; AGAR, 2013
2	Falta de visibilidade a câmera do scanner devido a estruturas ou margens sobrepostas por saliva, sangue ou tecido mole	ALGHAZZAWI, 2016
3	Alto custo de produção de modelos digitais quando comparada aos modelos de gesso	ALGHAZZAWI, 2016

		BEUER; SCHWEIGER; EDELHOFF, 2008
4	Alto investimento inicial com máquinas	DAVIDOWITZ; KOTICK, 2011 LIN et al., 2014
5	Investimento inicial com <i>softwares</i>	TRAN; NESBIT; PETRIDIS, 2016 DAVIDOWITZ; KOTICK, 2011 LIN et al., 2014
6	Algumas aplicações limitadas devido aos <i>softwares</i> e procedimentos de manufatura	BEUER; SCHWEIGER; EDELHOFF, 2008
7	Maiores custos com materiais e laboratório são quando comparados ao método tradicional	BIDRA; TAYLOR; AGAR, 2013
8	Falta de oportunidade para o paciente e dentista de avaliar uma prótese teste de maneira intraoral	BIDRA; TAYLOR; AGAR, 2013
9	Procedimentos comerciais atuais devem ser melhorados e validados por dentistas e laboratórios	BIDRA; TAYLOR; AGAR, 2013
10	Necessidade de tempo e dinheiro com treinamentos	DAVIDOWITZ; KOTICK, 2011 LIN et al., 2014 LIN et al., 2015
11	Dentistas com pouco volume de produção de restaurações tem maior dificuldade em obter retorno do investimento	DAVIDOWITZ; KOTICK, 2011
12	Impressão digital necessita ser feita múltiplas vezes	DAVIDOWITZ; KOTICK, 2011
13	Tamanho do scanner intraoral dificulta escanamento para pacientes com pouca abertura de boca	LIN et al., 2014
14	Fluxo convencional consegue reproduzir próteses com desempenho igual as manufaturadas por fluxo digital	TRAN; NESBIT; PETRIDIS, 2016
15	Falta de vantagens claras para utilização de fluxo digital	TRAN; NESBIT; PETRIDIS, 2016
16	Desperdício de material utilizando a manufatura subtrativa	VAN NOORT, 2012

Fonte: A autora (2018)

Tabela 3 – Desvantagens da utilização da tecnologia CAD/CAM para manufatura de próteses dentárias

Lin *et al.* (2014) relatam que algumas desvantagens de utilização de tecnologia digital é o alto investimento inicial com o equipamento de escaneamento intraoral juntamente com o software CAD/CAM. Além disso, um treinamento específico e experiência na área são requisitos para que o usuário passe a utilizar desta tecnologia.

4. Conclusão

Conforme apresentado pela TABELA 2 e TABELA 3, pode-se verificar que foi encontrado um maior número de vantagens do que desvantagens nos estudos selecionados através da Revisão Sistemática de Literatura. Observou-se também que algumas vantagens e desvantagens foram enumeradas mais de uma vez por diferentes autores.

Analisando as vantagens identificadas, percebe-se que a utilização de tecnologia digital aplicada à manufatura de próteses dentárias, traz benefícios para os usuários principalmente relacionados a melhoria na qualidade do produto e processo produtivo.

Além disso, vantagens como facilidade na reprodução de peças, uma vez que os casos dos pacientes ficam armazenados em banco de dados no computador, possibilidade de integração

de dados entre dentistas e central de usinagem e possibilidade de avaliar a imagem de escaneamento em tempo real, ressaltam a tendência da indústria quanto a participação do usuário na concepção do produto e apoio à colaboração entre fornecedores e fabricantes com os clientes.

Quanto a melhoria de processo produtivo, esta tecnologia facilita a reprodução das peças, uma vez que os dados ficam armazenados, mas ao mesmo tempo possibilita total customização específica para cada usuário, implicando em próteses com boa adaptação, boa estética com possibilidade de utilização de novos materiais e boa qualidade.

Por outro lado, ainda que o fluxo digital esteja evoluindo e novas tecnologias estão sendo inseridas no mercado, melhorias em equipamentos e sistemas ainda são necessárias. Dentre as desvantagens encontradas, o alto investimento inicial, atrelado a falta de clareza de retorno deste investimento, faz com que os usuários fiquem em dúvida para utilizar o fluxo digital. A necessidade de treinamento e existência de sistemas limitados também dificulta a aquisição desta tecnologia perante os profissionais da área.

Referências

- ABDUO, Jaafar et al.** *Fit of screw-retained fixed implant frameworks fabricated by different methods: a systematic review.* International Journal of Prosthodontics, v. 24, n.3, 2011.
- ALGHAZZAWI, Tariq F.** *Advancements in CAD/CAM technology: Options for practical implementation.* Journal of prosthodontics research, v. 60, n.2, p.72-84, 2016.
- ATRIA, Pablo J. et al.** *Preliminary Evidence for the Complete Digital Esthetic Rehabilitation Treatment: Case Report and 1-Year Follow-up.* Journal of Evidence Based Dental Practice, v. 17, n.2, p.76-82, 2017.
- BÁRTOLO, Paulo; BIDANDA, Bopaya.** *Bio-materials and prototyping applications in medicine.* New York, NY, USA: Springer, 2008.
- BEUER, F.; SCHWEIGER, J.; EDELHOFF, D.** *Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations.* British dental journal, v. 204, n.9, p.505-511, 2008.
- BHAMBHANI, Ritika; BHATTACHARYA, Jayanta; SEN, Saibal Kr.** *Digitization and its futuristic approach in prosthodontics.* The Journal of Indian Prosthodontic Society, v. 13, n.3, p.165-174, 2013.
- BIDRA, Avinash S.; TAYLOR, Thomas D.; AGAR, John R.** *Computer-aided technology for fabricating complete dentures: systematic review of historical background, current status, and future perspectives.* The Journal of prosthetic dentistry, v. 109, n.6, p.61-366, 2013.
- BIRNBAUM, Nathan S. et al.** *3D digital scanners: a high-tech approach to more accurate dental impressions.* Inside Dentistry, v. 5, n.4, p.70-74, 2009.
- BRERETON, Pearl et al.** *Lessons from applying the systematic literature review process within the software engineering domain.* Journal of systems and software, v. 80, n.4, p.571-583, 2007.
- CONFORTO, Edivandro Carlos; AMARAL, Daniel Capaldo; SILVA, SL da.** *Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos.* In: 8º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto-CBGDP. 2011.
- DAI, Ning et al.** *Deformation design technology of dental restoration model.* In: BioMedical Engineering and Informatics. BMEI 2008. International Conference on. IEEE, 2008. p.793-797.
- DAVIDOWITZ, Gary; KOTICK, Philip G.** *The use of CAD/CAM in dentistry.* Dental Clinics of North America, v. 55, n. 3, p. 559-570, 2011.
- DE CARLI, Paulo César; DELAMARO, Maurício César.** *Implantacao da Manufatura Digital numa Empresa: Identificando os Fatores Criticos de Sucesso.* Proceedings of XVII Encontro Nacional da Engenharia de Producao, p.1-10, 2007.
- DORST, Wolfgang et al.** *Umsetzungsstrategie Industrie 4.0 - Ergebnisbericht der Plattform Industrie 4.0;* Frankfurt, 2015.

FASBINDER, Dennis J. *The CEREC system.* The Journal of the American Dental Association, v. 141, p.3S-4S, 2010.

HU, S. Jack. *Evolving paradigms of manufacturing: from mass production to mass customization and personalization.* Procedia CIRP, v. 7, p.3-8, 2013.

LEE, Sang J.; GALLUCCI, German O. *Digital vs. conventional implant impressions: efficiency outcomes.* Clinical oral implants research, v. 24, n.1, p.111-115, 2013.

LIN, Wei-Shao et al. *Use of digital data acquisition and CAD/CAM technology for the fabrication of a fixed complete dental prosthesis on dental implants.* The Journal of prosthetic dentistry, v.111, n.1, p.1-5, 2014.

LIN, Wei-Shao et al. *Use of intraoral digital scanning for a CAD/CAM-fabricated milled bar and superstructure framework for an implant-supported, removable complete dental prosthesis.* The Journal of prosthetic dentistry, v.113, n.6, p.509-515, 2015.

LU, Yang. *Industry 4.0: a survey on technologies, applications and open research issues.* Journal of Industrial Information Integration, p. 1-10, 2017.

MCLAUGHLIN, J. Bryan; RAMOS, Van. *Complete denture fabrication with CAD/CAM record bases.* The Journal of prosthetic dentistry, v.114, n.4, p.493-497, 2015.

MIYAZAKI, Takashi et al. *A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience.* Dental materials journal, v. 28, n.1, p.44-56, 2009.

MONOSTORI, László et al. *Cyber-physical systems in manufacturing.* CIRP Annals-Manufacturing Technology, v. 65, n.2, p.621-641, 2016.

PRITHVIRAJ, D. R. et al. *Revolutionizing Restorative Dentistry: An Overview.* The Journal of Indian Prosthodontic Society, v. 14, n.4, p.333-343, 2014.

REKOW, E. Dianne et al. *CAD/CAM for dental restorations-some of the curious challenges.* IEEE transactions on biomedical engineering, v. 38, n.4, p.314-318, 1991.

RESHAD, Mamaly; CASCIONE, Domenico; AALAM, Alexandre Amir. *Fabrication of the mandibular implant-supported fixed restoration using CAD/CAM technology: a clinical report.* The Journal of prosthetic dentistry, v. 102, n.5, p.271-278, 2009.

SAM, Frances E.; BONNICK, Andrea M. *Office computer systems for the dental office.* Dental clinics of North America, v. 55, n.3, p.549-557, 2011.

SASON, Gursharan Kaur et al. *A comparative evaluation of intraoral and extraoral digital impressions: An in vivo study.* The Journal of Indian Prosthodontic Society, v.18, n.2, p.108, 2018.

SCHWAB, Klaus. *A quarta revolução industrial.* 1. ed. São Paulo: Edipro, 2016.

TOUCHSTONE, Alex; NIETING, Tom; ULMER, Norbert. *Digital transition: the collaboration between dentists and laboratory technicians on CAD/CAM restorations.* The Journal of the American Dental Association, v.141, p.15S-19S, 2010.

TRAN, D.; NESBIT, M.; PETRIDIS, H. *Survey of UK dentists regarding the use of CAD/CAM technology.* British dental journal, v. 221, n.10, p.639-644, 2016.

TSENG, Mitchell M.; DU, Xuehong. *Design by customers for mass customization products.* CIRP Annals-Manufacturing Technology, v. 47, n.1, p.103-106, 1998.

VAN NOORT, Richard. *The future of dental devices is digital.* Dental materials, v. 28, n.1, p.3-12, 2012.

ZANDPARSA, Roya. *Digital imaging and fabrication.* Dental Clinics, v. 58, n.1, p.135-158, 2014.

ZHOU, Keliang; LIU, Taigang; ZHOU, Lifeng. *Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges.* In: 12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD), IEE, 2015, p. 2147-2152.