

1 INTRODUÇÃO

O início de projetos utilizando o sistema CAD/CAM *computer-aided design/computer-aided manufacturing* (Desenho assistido por computador/Manufatura assistida por computador, em tradução livre) basearam-se exclusivamente em métodos de subtração. Mais recentemente, métodos aditivos através da Prototipagem Rápida (RP) foram empregados evoluindo rapidamente nos campos da Odontologia com potencial possibilidade de superar desvantagens conhecidas dos métodos subtrativos, como por exemplo, problemas de ajuste. O aumento da utilização de materiais compostos de resina para restaurações indiretas é o resultado de várias tendências recentes: melhorias significativas em suas propriedades mecânicas, a crescente demanda por alta estética, componentes *metal-free* e restaurações biocompatíveis.

Além da prática comumente utilizada nos consultórios, a tecnologia CAD/CAM disponibiliza soluções *inlay/onlay*, coroas, Próteses Parciais Fixas (PPF), pilares de implantes e outras próteses dentais. O sistema CAD/CAM na Odontologia pode ser considerado uma cadeia de dispositivos digitais e *software* que projetam quase que automaticamente restaurações dentárias. Embora estas tecnologias tenham sido desenvolvidas principalmente para restaurações suportadas por dente, foram transferidas para restaurações suportadas por implantes.

Tecnologias de CAD/CAM permitem a fabricação de objetos de sólidos por impressão ou, mais comum em Odontologia, por usinagem. Utilizando esta tecnologia, é possível digitalizar as posições dos implantes, planejar e projetar restaurações virtualmente no computador e fabricar diretamente a reparação por usinagem.

Restaurações de resina composta de CAD/CAM têm várias vantagens sobre os seus homólogos de cerâmica os blocos de resina composta são tolerantes aos danos e permitem uma velocidade de usinagem mais rápida e fornece adaptação de melhor qualidade da margem do dente uma coroa de contorno completo leva apenas 6 minutos para ser usinada, diminuição nas horas de atendimento, beneficiando paciente e praticante.

Esta tecnologia parece ser simples, mas o fluxo de trabalho ainda implica alguns obstáculos. Assim, ainda não é possível em todos os casos capturar dentes ou implantes diretamente na cavidade bucal utilizando um dispositivo de digitalização intraoral.

Para a confecção de uma estrutura ou pilar, em uma parte dos casos ainda requer uma digitalização fabricada manualmente por *wax-up/set-up*, tendo que ser avaliadas em cada paciente. Finalmente, o processo de fresagem da coroa é determinado pela forma e tamanho das brocas limitando alguns resultados estéticos e ajustes.

Na Odontologia são oferecidos vários métodos e materiais para confecção de componentes de próteses manufaturadas em larga escala, a tecnologia CAD/CAM, vem ao contrário, oferecer soluções personalizadas para cada caso e paciente. Os estudos e descobertas trazem anualmente novidades sobre o sistema apresentando um constante aperfeiçoamento do sistema com novos softwares e máquinas.

2 PROPOSIÇÃO

A proposta deste trabalho teve como objetivo realizar revisão bibliográfica descrevendo a utilização do sistema CAD/CAM (*computer-aided design/computer-aided manufacturing*) na Odontologia, apresentando resultados obtidos até o presente ano.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Histórico

De acordo com Branemark *et al.* (1969), inicialmente os sistemas CAD/CAM que surgiram por volta de 1929, e eram utilizados em pesquisas aeronáuticas para produção de componentes com precisão. Posteriormente foram amplamente utilizados na indústria para fabricação de grande variedade de protótipos, sendo produzida em larga escala em decorrência da utilização na indústria automobilística. Apesar de muito utilizados na indústria durante vários anos, essa tecnologia só se tornou viável na Odontologia na década de 80, sendo empregada na produção de próteses sem metal, como alumina e zircônia, elementos unitários, próteses fixas, facetas, próteses adesivas e *inlay-onlay*.

Para Tinschert *et al.* (2004), as primeiras tentativas de aplicação da tecnologia CAD/CAM na Odontologia iniciaram na década de 70 com Bruce Altschuler (EUA), Francois Duret (França). Existem dois tipos de sistema CAD/CAM, os modos sistemáticos se diferenciam pela disponibilidade de ceder arquivos do sistema CAD, são eles sistema CAD/CAM aberto e sistema CAD/CAM fechado. A principal vantagem do sistema aberto é poder selecionar o sistema CAM que se adéqua melhor aos propósitos, já que é possível transferir o arquivo CAD para outro computador. Já o sistema fechado oferece em seu programa o sistema completo de produção.

Para Liu (2005), a primeira tentativa de aplicar a tecnologia CAD/CAM, *Computer-Aided Design* e *Computer-Aided Manufacturing* na Odontologia começou nos anos 1970 com Bruce Altschuler nos Estados Unidos, Francois Duret na em França, e Werner Mormann e Marco Brandestini, na Suíça. O primeiro sistema CAD/CAM, comercialmente disponível para Odontologia foi CEREC, desenvolvido pela Mormann e Brandestini. A *American Dental Association* especifica que uma restauração dental deve-se adequar a um pilar dentro de um intervalo de 50 μm , por isso o processo de criação de restaurações é complexo e exige um sistema de moldagem preciso. Para o autor, a principal desvantagem do sistema CAD/CAM é custo elevado, o que exige uma produção de restaurações em larga escala e de boa qualidade para alcançar a viabilidade financeira. Em contrapartida, a tecnologia CAD/CAM oferece

várias vantagens do ponto de vista na construção de prótese dentária, oferecendo automatização de procedimentos de fabricação com maior qualidade em um curto período de tempo e os sistemas têm potencial para minimizar as imprecisões e reduzir os riscos de infecção por contaminação cruzada associado com fabricação de vários estágios na forma convencional. O autor pode compilar os materiais utilizados na restauração, indicações de aplicação e sistemas, que pode ser visualizado na figura 1.

Materiais comuns na restauração dentária no sistema CAD/CAM					
Material restaurador	Sistema CAD/CAM	Indicação	Cimentação adesiva	Cimentação convencional	Resistência à flexão
Dicor MCG (fluormica)	Cerec	Inlays, onlays e folheados	Sim	Não	< 100 MP ^a
Vita Mark II (feldspática)	Cerec	Inlays, onlays, folheados e coroas anteriores	Sim	Não	150 MP ^a
ProCAD (leucite- reforçado)	Cerec	Coroas anteriores	Sim	Não	150 MP ^a
In-Ceram Spinell (óxido de magnésio)	Cerec 3D, Cerec inLab	Coroas e pontes anteriores	Sim	Sim	350 MP ^a
In-Ceram Alumina (óxido de alumínio)	Cerec 3D, Cerec inLab, DCS Precident	Coroas e pontes	Sim	Sim	500 MP ^a
Alumina (óxido de alumínio)	Procera	Coroas e pontes	Sim	Sim	600 MP ^a
In-Ceram Zirconia (óxido de zircônio)	Cerec 3D, Cerec inLab, DCS Precident	Coroas e pontes	Sim	Sim	750 MP ^a
Partially sintered zircônia (óxido de zircônio)	DCS Precident, Lava, Procera, Everest, Cercon	Coroas e pontes	Sim	Sim	>1,000 MP ^a
Fully sintered zircônia (óxido de zircônio)	DCS Precident, Everest	Coroas e pontes	Sim	Sim	>1,000 MP ^a

Figura 1. Materiais comuns na restauração dentária no sistema CAD/CAM

Para Torres *et al.* (2009) a prática desta tecnologia na área odontológica teve como objetivo promover a automatização e padronização do processo de fabricação de próteses e restaurações, e também reduzir os custos da produção. De acordo com os autores, entre as vantagens da utilização destes sistemas destacam-se a melhor reprodutibilidade e precisão dimensional, menor tempo de confecção, possibilidade de utilização de novos sistemas cerâmicos, (mais resistentes) e confecção de restaurações totalmente em cerâmica, que possuem estética superior quando comparadas às metalocerâmicas produzidas pelas técnicas convencionais.

Miyazaki *et al.* (2009), o sistema CAD/CAM na Odontologia é complexo pelas seguintes razões: 1) o custo total, tempo de operação, e manipulação dos os sistemas de processamento de dispositivos dentários usando tecnologia CAD/CAM deve estar igual, ou ser superior, para substituir o método convencional; 2) a morfologia dos dentes deve ser digitalizada com precisão antes de projetar a restauração, porém esse cuidado não é visto em alguns profissionais. Com isso o desenvolvimento de uma forma precisa e sofisticada de *software* era necessária para alta precisão de digitalização de alvos complexos e delicados. 3) restaurações não devem apenas ser ajustada para dentes de apoio, mas também deve harmonizar-se com adjacente e dentes opostos, mais uma vez, o desenvolvimento de *software* CAD sofisticado de restaurações foi necessário; 4) o tamanho da máquina precisava ser limitado para a instalação em um laboratório de prótese dentária usual.

Para Davidowitz e Kotick (2011) a tecnologia CAD/CAM está se popularizando na Odontologia nos últimos 25 anos. Algumas das figuras mais importantes do CAD/CAM na Odontologia são os doutores Francis Duret da França, Werner Morrmann da Suíça, Dianne Rekow do Estados Unidos, e Matts Andersson da Suécia. A tecnologia, que é usado tanto no laboratório de prótese dentária como também no consultório odontológico, pode ser aplicado a *inlays*, *onlays*, facetas, coroas, próteses parciais fixas, implantes, e até mesmo reconstrução total. Para o autor, durante a próxima década, os preços do sistema tendem a cair, e os profissionais dentistas mais confortáveis para utilizar a tecnologia. Restaurações no mesmo dia se tornará mais popular e provavelmente vai expandir-se para próteses parciais removíveis e fixas.

A tecnologia *Computer Aided Design / Computer Aided Manufacture* (CAD-CAM), em Odontologia, para Hattori *et al.* (2011) é utilizada especialmente na produção de restaurações de próteses fixas. Várias empresas têm desenvolvido sistemas CAD-CAM de alta

tecnologia como Procera e CEREC®, que se fundamentam em três componentes: sistema de leitura da preparação dentária (*scanning*), *software* de desenho da restauração protética (CAD) e sistema de fresagem da estrutura protética (CAM).

De acordo com Bernandes *et al.* (2012), como a resistência de um material para confecção de próteses é o fator primordial para determinar a indicação da técnica assim como a preservação da reabilitação ao longo do tempo, a necessidade de desenvolvimento que levassem à possibilidade de execução de reabilitações de maiores extensões levou à busca pela tecnologia CAD/CAM. Sigla em inglês CAD, *Computer-Aided Design*, significa desenho auxiliado por computação, e CAM, *Computer-Aided Manufacturing*, significa manufatura auxiliada por computação. De forma resumida, a indústria utiliza esse processo para automatizar, agilizar e controlar os processos de produção e fabricação. A tecnologia CAD/CAM já estava presente área da Engenharia. Há alguns anos, a fabricação de diversos produtos industrializados já é realizada com auxílio da tecnologia CAD/CAM. Desde meados de 1970, a aplicação desta técnica vem sendo sugerida na clínica odontológica com o objetivo de simplificar, automatizar e garantir níveis de qualidade com adaptações micrométricas das nossas próteses dentárias. Os autores puderam concluir que a evolução dos sistemas CAD/CAM utilizados na Odontologia é capaz de produzir restaurações protéticas de alta qualidade e com variações de materiais restauradores e tipos de prótese. Porém, a técnica por si só não é decisiva para o sucesso, pois envolve várias etapas. Os vários passos envolvidos devem ser controlados para correta conclusão de um trabalho. Portanto, a técnica depende diretamente de alguns fatores como: passos clínicos, do escaneamento, da modelagem computacional, da fabricação, do controle de qualidade, das opções de materiais, dos tipos de prótese e da finalização laboratorial. Para os autores, os sistemas CAD/CAM clínicos ou laboratoriais possuem algumas limitações e fatores que podem afetar a precisão da adaptação. Os autores puderam descrever as limitações de uso de alguns *softwares* usados para desenho das restaurações, assim como limitações do *hardware* utilizado, como a câmera, o equipamento de escaneamento e as máquinas de usinagem. A experiência e conhecimento dos clínicos e técnicos de laboratório também são de extrema importância quando sistemas CAD/CAM clínicos ou laboratoriais são utilizados na reabilitação dental.

De acordo com Kayatt e Neves (2013), o CAD possui histórico desde 1950 com o início de aplicações de computadores em auxílio das engenharias e criação de gráficos monocromáticos a partir de um computador, em 1970 a IBM revoluciona o mercado CAD com padronização de linguagem gráfica e técnicas computacionais para 3D. Em 1990 é

marcado com o desenvolvimento de sistemas operacionais robustos para a aplicação em computadores, redução de custos em *hardware* e utilizadores especializados. O CAM tem como antepassados as máquinas de produção automáticas dos anos 1950, com parte móveis controlada por *comes*, peças geométricas complexas e a produção de novos produtos implicavam na reprograma dos *comes*, cuja operação era muito demorada e custosa. Posteriormente, os *comes* viriam a ser substituídos por controladores e motores de passo, que dariam espaço aos controladores numéricos e depois ao CAM. Para pesquisadores sobre o tema, os dois processos evoluíram separadamente e desenvolvidos com duas tecnologias distintas, começando a surgir do laboratório em 1960. Atualmente, os CAD/CAM constituem uma das maiores forças tecnológicas e econômicas já vistas na indústria, porém esse potencial é pouco enxergado fora da comunidade de engenharia e manufatura. A aplicação do processo CAD/CAM na Odontologia foi posta no final da década de 1970, pois grandes autores como Bruce Altschuler. Já em 1980 foi lançado o primeiro sistema comercialmente viável disponibilizado aos cirurgiões-dentistas (CEREC de Mormann e Brandestini). Até os tempos atuais esse sistema continua em suas versão BlueCAM e OminiCam, sendo um dos sistemas mais comercializados no mundo.

Para Moura e Santos (2015) a tecnologia CAD/CAM já era muito utilizada em vários segmentos da indústria quando, em 1971 foi introduzida na Odontologia. Os sistemas CAD/CAM são constituídos por um elemento que possui a capacidade de digitalizar um objeto, permitindo que uma estrutura seja projetada sobre ele com a ajuda de um *software*, e por uma unidade de usinagem, onde um bloco cerâmico é usinado reproduzindo o objeto projetado.

3.2 Tecnologia CAD/CAM

Em um estudo, Bindl e Mörmann (2004) analisaram a taxa de sobrevivência de mono-cerâmica e cerâmica-core produzidas em sistema CAD/CAM de coroas anteriores de mais dois - cinco anos, sendo analisado também a saúde gengival. Uma coroa de núcleo e

uma coroa mono-cerâmica tinha fraturado após 42,5 meses e 12 meses, respectivamente, com taxas de sobrevida de 91,7% para *In-Ceram Spinell* e 94,4% para o *Mk II*, cuja a diferença não foi estatisticamente significativa. Entre o início e exames de acompanhamento, as mudanças não foram significativas tanto para *In-Ceram Spinell* como para *Mk II*. Placa bacteriana e hemorragia não entre os tipos de coroa de cerâmica, mas mostraram significativamente menos placa e menos sangramento em coroas de cerâmica do que em dentes de controle no *follow-up*. O desempenho clínico de coroas mono-cerâmica foi considerada semelhante à do núcleo coroas cerâmicas.

Liu (2005) descreve que os sistemas CAD/CAM podem ser categorizados em *in-office* ou sistema para laboratório. Entre todos os sistemas CAD/CAM para Odontologia, CEREC é o único fabricante que oferece tanto *in office* e modalidades de laboratório. Sistemas para laboratório tem aumentado nos últimos 10 anos, incluindo DCS President, Procera, CEREC inLab e Lava. Cercon é um sistema de laboratório que possui apenas capacidades CAM sem a fase de concepção.

De acordo com Sundh e Sjögren (2008), que descreveram um estudo com o objetivo avaliar a resistência à flexão de restaurações implantossuportadas de zircônia feitas por CAD/CAM e restaurações de alumina reforçada manufaturadas. Conforme os autores, todas as peças foram submetidas a cargas de carregamento estáticas perpendiculares ao seu longo eixo e unidades com abutments de titânio serviram como referência. Os autores puderam concluir que todos os *abutments* e *copings* cerâmicos exibiram valores, se não iguais, superiores aos de controle e superaram os valores reportados, acima de 300 N, para forças incisais.

Os autores Alfarsi, Okutan e Bickel (2009), estudaram e avaliaram a viabilidade de *abutments* confeccionados a partir de blocos pré-sinterizados de porcelana feldspática, para uso sobre implantes, através do sistema CEREC 3D (Sirona Dental Systems, Áustria). Trinta e dois análogos de implantes foram divididos em dois grupos. O grupo controle de análogos de implantes parafusados a *abutments* de titânio convencionais, e o grupo de teste com análogos parafusados a *abutments* fabricados por CAD/CAM. As amostras dos dois grupos passaram por testes de resistência de carregamento estático. O grupo de *abutments* usinados diante da técnica CAD/CAM pôde demonstrar maior resistência à fratura do que o grupo controle. Os autores concluíram que as peças confeccionadas a partir do sistema CEREC 3D

(Sirona Dental Systems) podem ser utilizadas com a mesma confiabilidade dos *abutments* convencionais.

De acordo com Blatz *et al.* (2009), realizaram um estudo com o uso da zircônia em componentes sobre implante. Uma paciente, 30 anos, sexo feminino, apresentava a falta do dente 21 e necessitava de restaurações protéticas sobre os dentes 12 e 11. Após a osteointegração do implante na região do elemento 21 e preparos nos dentes adjacentes confeccionados, uma moldagem foi obtida para a instalação de provisórios. Acréscimos de resina foram utilizados para o recontorno do tecido mole e então aguardado dois meses para a estabilidade do tecido mole. Uma nova moldagem foi realizada, utilizando-se uma técnica de impressão personalizada, para cópia fiel da emergência tecidual ao redor do implante e confecção do componente protético. Através do escaneamento do enceramento do pilar personalizado foi realizada usinagem do pilar em zircônia (Procera Zirconia Abutment). Os autores puderam concluir com seu estudo que os pilares sobre implante fabricados de zircônia podem fornecer vantagens estéticas sobre os pilares metálicos.

Para Torres *et al.* (2009) a tecnologia CAD/CAM aplicado à cirurgia de implante permite a produção de alta resistência e de alta densidade de coroas, e na fabricação de pilares de implantes e guias cirúrgicas. Oferece um design personalizado, um ajuste perfeito e uma maior resistência, sendo as principais características dos pilares de implantes de CAD/CAM.

Miyazaki *et al.* (2009) concluíram em seu estudo que a aplicação da tecnologia do sistema CAD/CAM na Odontologia é promissor, não só no campo de coroas e próteses, mas também em outras áreas da Odontologia, mesmo sendo uma contribuição limitada em 2009. Não há dúvidas que a aplicação da tecnologia CAD/CAM em Odontologia é inovador e contribui para a saúde e qualidade de vida de pessoas para uma população que está envelhecendo. Portanto, no campo da Odontologia não devem procrastinar na implementação dessa nova tecnologia para o benefício dos pacientes. Para os autores, as vantagens da utilização de tecnologia CAD / CAM de a fabricação de coroas e próteses pode ser resumida como: 1) aplicação de novos materiais; 2) trabalho reduzido; 3) eficácia de custo; e 4) qualidade controlada. Além da demanda por restaurações estéticas, a demanda por próteses de alta qualidade e próteses removíveis confortáveis também está aumentando na sociedade. Ainda é necessário uma colaboração aos técnicos para fabricar esses dispositivos. Considerando o tempo de vida funcional prevista destes dispositivos como parte do escopo, as inovações de materiais e de tecnologias para o fabricação de próteses são necessárias para

satisfazer a segurança rigorosa e garantia de padrões de qualidade. Análises de concepção estrutural durante o processo de CAD é promissora e espera-se ser uma potente ferramenta para a concepção de estruturas de cerâmica dental incluindo a concepção da área de ligação para diminuir o risco de fratura durante a função. Para fornecer serviços odontológicos mais sofisticados que usam dispositivos restauradores e protéticos, espera-se no futuro serem concebidos e fabricados com uma melhor função relacionada com os movimentos da mandíbula.

Patel (2010) pode delinear uma técnica de planejamento reverso utilizando-se ao mesmo tempo um sistema CAD/CAM para confecção das próteses e dados de uma tomografia computadorizada para o planejamento cirúrgico. De acordo com o autor, a integração dos sistemas Galileos (Sirona Dental Systems) e CEREC (Sirona Dental Systems) proporcionou um planejamento adequado e uma instalação de implantes eficiente, ofertando uma nova metodologia de executar a Implantodontia e a possibilidade de trabalhar autonomamente, sendo o dentista responsável por todo o processo.

Em um relato de caso clínico, Teixeira (2011) abordou a reabilitação total superior com implantes utilizando planejamento reverso, cujo sistema CAD/CAM Neoshape (Neodent) foi utilizado na confecção da infra-estrutura da prótese fixa definitiva. Após instalação dos implantes e espera pela osseointegração, uma peça provisória de acrílico foi utilizada para adequação da emergência dos dentes no tecido mole durante três meses, objetivando-se devolver o contorno estético tecidual característico através de modificações na prótese provisória. Uma moldagem customizada foi efetuada para a transferência do arco côncavo da mucosa. A partir do modelo obtido, a estrutura da prótese definitiva foi fabricada em zircônia, através do sistema Neoshape (Neodent). A mesma foi dividida em duas partes, a fim de obter-se uma maior passividade no momento da instalação. Com a finalização do processo, as peças receberam aplicação da cerâmica superficial e acabamento. O autor pode concluir que devido o planejamento reverso ter sido bem elaborado o sucesso do tratamento foi obtido.

Para Davidowitz e Kotick (2011), a tecnologia CAD/CAM foi desenvolvida para resolver três desafios. O primeiro desafio era para garantir a resistência adequada da restauração, especialmente para dentes posteriores, o segundo desafio era criar restaurações com uma aparência natural, e o terceiro desafio era fazer a restauração do dente mais fácil, mais rápido e mais preciso. Em alguns casos, a tecnologia CAD/CAM oferece aos pacientes

restaurações no mesmo dia. Os profissionais dentistas e laboratórios possuem uma grande variedade para trabalhar com a nova tecnologia. Por exemplo, os dentistas podem tirar uma impressão digital e enviá-lo para um laboratório para a fabricação das restaurações ou eles podem fazer sua própria concepção e moagem no consultório. Em resumo, o sistema CAD/CAM na Odontologia é composto por um *scanner* portátil, um carrinho que abriga um computador, juntamente com um monitor, e uma máquina de trituração. A cabeça do scanner é colocado intraoral acima da preparação do dente, cujos dados aparecem no monitor com imagens em duas ou três dimensões (2-D e 3-D). O projeto do trabalho é realizado e as instruções são enviadas para a máquina de processamento de moagem. As restaurações são moldadas à partir de blocos pré-fabricados de porcelana. As opções de materiais incluem feldspática, leucita, ou di-silicato de lítio. Após, a restauração é examinada, e se aprovada é polida e inserido usando técnicas convencionais de colagem. Em 2011, quatro equipamentos estavam disponível para utilização em consultório odontológico, sendo: CEREC AC (Sirona, Charlotte, NC, EUA), Dentista E4D (D4D Technologies, Richardson, TX, EUA), iTero (Cadent, Carlstadt, NJ, EUA), e Lava COS (3M ESPE, St Paul, MN, EUA). Os dispositivos CEREC e E4D pode ser combinado com um design em exercício e moagem e os dispositivos Itero e Lava COS são reservados apenas para a aquisição da imagem. Para os autores, os sistemas CAD / CAM tem desvantagens. O custo inicial do equipamento e *software* é alto, e o profissional o médico precisa gastar tempo e dinheiro em marketing para atrair clientes. Dentistas sem um volume suficientemente para restaurações, o investimento inicial pode não compensar. Em contrapartida, a utilização da tecnologia CAD/CAM para restaurações dentárias tem inúmeras vantagens em relação às técnicas tradicionais. Estas vantagens incluem a velocidade, facilidade de utilização, e de qualidade. A qualidade das restaurações CAD/CAM é extremamente elevado, porque as medições e fabricação são precisos. As restaurações CAD/CAM têm uma aparência natural, porque os blocos cerâmicos têm uma qualidade translúcida, e estão disponíveis numa grande variedade de cores. A economia de tempo e de trabalho têm o potencial de reduzir os custos, e a promessa de restaurações mais rápidas e de alta qualidade promovem uma maior satisfação ao paciente. De acordo com os autores, o sistema CEREC, introduzido em 1987, foi o primeiro sistema dental para combinar escaneamento digital com uma unidade de fresagem. O sistema permite proporcionar aos dentistas restaurações feitas a partir de blocos cerâmicos disponíveis comercialmente em uma única visita e o *scanner* é capaz de se concentrar automaticamente. O sistema E4D Dentist, introduzido em 2008 (Figura 2), é atualmente o único outro sistema além do CEREC que permite que resutaurações no mesmo dia.



Figura 2. Sistema E4D

Os dentistas podem comprar o *scanner* e laser, ou ainda adquirir a unidade de moagem. Este sistema inclui um scanner a laser, chamado o digitalizador intraoral, juntamente com um centro de design e fresar. O *scanner* é pequeno e os pacientes ficam mais confortáveis no procedimento. O sistema de design detecta automaticamente as linhas de acabamento e marca-los na tela. Após o dentista aprovar essas marcas, o computador propõe uma restauração modelo para o dente alvo. Atualmente, uma das vantagens do E4D é que o designer pode trabalhar em até 16 restaurações de uma só vez. O sistema Cadent iTero, introduzido em 2007, foi o primeiro sistema de impressão digital convencional para a fabricação de coroas e pontes. Ao contrário dos outros sistemas de impressão digital que adquirem imagens usando triangulação, iTero emprega imagem confocal paralela. Especificamente, o dispositivo projeta 100.000 feixes paralelos de luz de laser vermelho nos dentes e transforma a luz refletida em dados digitais através da utilização de sistema de conversão analógico-digital. Esta tecnologia permite que as digitalizações sejam tomadas sem revestimento dos dentes em pó. A ausência de pó significa que o verificador pode ser pousado diretamente sobre os dentes durante a digitalização. Uma desvantagem é que a cabeça do

scanner é maior do que as dos outros. O processo de digitalização completa leva cerca de três a cinco minutos. Durante a fase de avaliação, o dentista é capaz de avaliar a digitalização a partir de qualquer ângulo. Um articulador digitais permite que o dentista avalie a folga oclusal e faça qualquer modificações necessária nos dentes preparados ou arco oposto. Após a verificação e se aprovado, uma conexão sem fio dedicada transmite a digitalização para Cadent para limpeza e *design* inicial. O arquivo é então transmitido para o laboratório. O scanner Lava Chairside Oral (Figura 3), lançado em 2008, inclui um carrinho móvel, tela sensível ao toque e scanner com câmera na extremidade (DAVIDOWITZ & KOTICK, 2011).

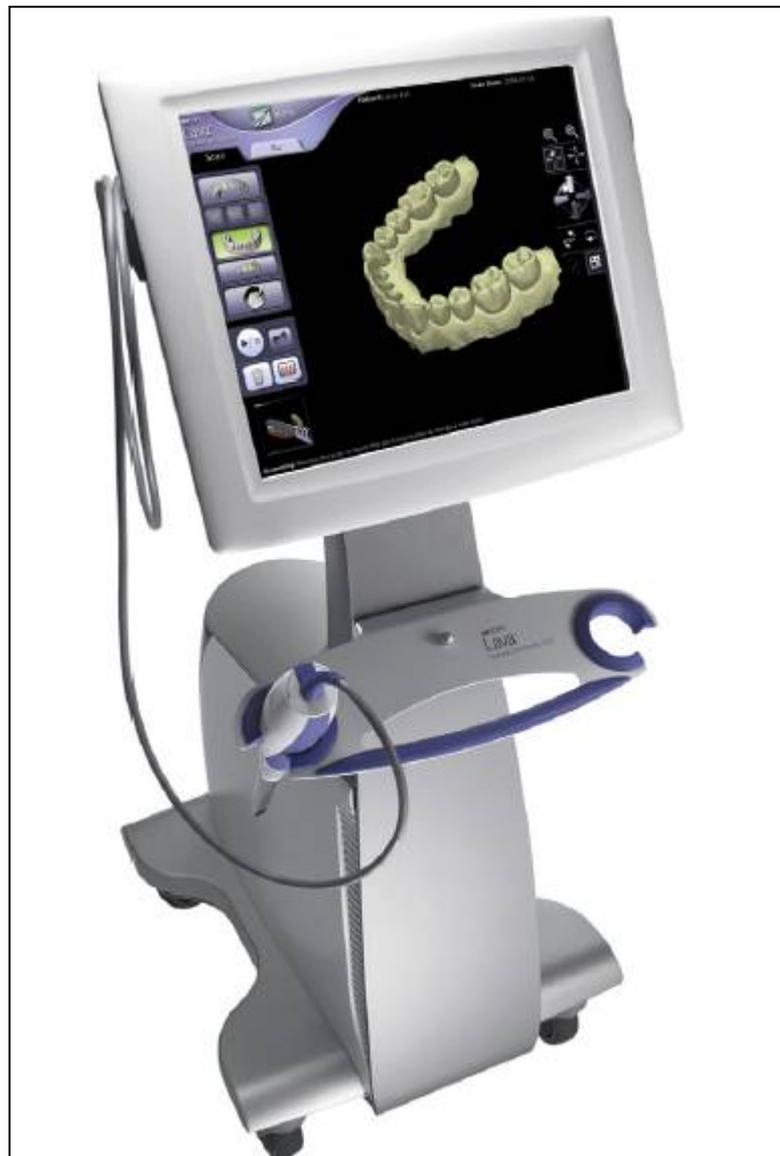


Figura 3. Sistema Lava COS

Depois de preparar o dente e retrain o tecido gengival, o dentista seca o arco e dá-lhe uma leve camada de pó de dióxido de titânio. Pouco pó é utilizado e suficiente para indentificação no scanner de pontos de referência. A digitalização é obtido movendo o bastão primeiro sobre as superfícies oclusais, em seguida, sobre as superfícies vestibulares. Uma varredura adicional é tomada das superfícies oclusais. A imagem do monitor, que aparece instantaneamente, pode ser girado e ampliada para garantir que todas as áreas tenham sido digitalizados de forma adequada e sem buracos. O dentista é capaz de alterar entre 3D e 2D, e o sistema é comaptível com óculos 3D. O envio das informações são enviadas para o laboratório. O sistema pode ser utilizado para fazer qualquer tipo de coroa e pontes (DAVIDOWITZ & KOTICK, 2011).

De acordo com Miyazaki e Hotta (2011), a recente introdução de implantes osseointegrados tem se expandido a aplicação de coroas e pontes restaurações para pacientes parcialmente desdentados. A durabilidade mecânica e ajuste de precisão são requisitos obrigatórios para coroas e pontes. O desenvolvimento de uma variedade de ligas de fundição e sistemas de fundição precisos tem contribuído para o sucesso do uso de restaurações à base de metal. No entanto, os pacientes vem exigindo mais materiais seguros e com estéticas levando a um aumento da demanda por restaurações livres de metal. Há também uma crescente demanda para fornecer restaurações de cerâmica pura. Os novos materiais, tais como altamente sinterizado como alumina policristalino, materiais de zircônia base e monômeros adesivos, poderá auxiliar os dentistas para atender a essa demanda. Além disso, novos sistemas de fabricação combinados com sistemas assistidos por computador de fabricação (CAD/CAM). A tecnologia odontológica foi centrado na tecnologia de cera perdida, mas agora vai se enfrentar uma revolução na coroa e fabricação de ponte. A porcelana tem sido utilizada em Odontologia durante 100 anos, sendo a estética é a sua grande vantagem, mas a fragilidade de suporte de carga em restaurações é seu ponto mais fraco. A porcelana fundida com restaurações metálicas tem sido a primeira escolha para atender tanto a estética da restauração e durabilidade. Existem dois métodos propostos para deslocando para restaurações de cerâmica pura. O primeiro método é aplicar materiais vítreos reforçados para isolar as coroas. O CAD/CAM é eficientemente quando aplicado para fabricar um coroa individual de materiais vítreos armado. O segundo método é para fundir porcelana, a cerâmica de alta resistência em vez de ligas. A policristalino zircônia sinterizado parece ser um promissor o material para aplicação na a estrutura de pontes e até mesmo a superestrutura de implantes. A aplicação de coroas de cerâmica pura e pontes usando CAD/CAM fabricando

estruturas com base de zircônia está disponível para a fabricação de estruturas de restaurações de pontes em vez de restaurações metálicas ligados por causa da sua maior resistência à fraturas. Há dois tipos de blocos de zircônia atualmente disponíveis para distintas aplicações com CAD/CAM. A primeira aplicação é o uso blocos densos totalmente sinterizados para usinagem direta usando um sistema CAD/CAM com uma máquina de moagem. A segunda aplicação é a utilização de parcialmente sinterizadas de blocos verdes para a fabricação CAD/CAM seguido de pós-sinterização para obter um produto final com força suficiente. De acordo com os autores há diferença entre quadros de zircônia e estruturas metálicas, especialmente a superestrutura de implante. Quando existe uma discrepância no metal, eles podem ser ajustados por separação e solda, mas isto não pode ser feito com estruturas de zircônia. De acordo com o levantamento dos autores, temos de combinar a nova tecnologia e tecnologia convencional para atender a demanda do paciente.

De acordo com Bernandes *et al.* (2012) pode-se obter ou não acesso a determinados materiais odontológicos e tipos de próteses, dependendo da tecnologia que a equipe reabilitadora deseja aplicar. Atualmente, algumas fresadoras não usinam peças grandes, com mais de um determinado número de elementos, dependendo da sua origem ou marca. Já algumas máquinas possuem limitações com estruturas de metais, por exemplo, as ligas de Cobalto-Crom, por serem muito duras. Diante deste cenário foram disseminadas na área odontológica, diversas tecnologias de produção de infraestruturas, que não apenas as fresadoras, para tentar compensar as limitações de determinadas tecnologias. A tecnologia CAD/CAM envolve várias etapas, o que pode atrapalhar seu entendimento. Nessa tecnologia, podemos ter (1) centrais de usinagem; (2) centrais de escaneamento; (3) centrais de usinagem e escaneamento, podendo ser industriais, laboratoriais e clínicas. É fundamental, que essas áreas envolvidas devem ser comunicar entre si.

Para Kayatt e Neves (2013), na Odontologia, o processo CAD/CAM compreende-se em três etapas distintas: 1) a captura dos dados, a digitalização das imagens de boca ou modelo; 2) o trabalho no CAD, propriamente dito, a confecção virtual das próteses ou estruturas; e 3) o trabalho no CAM que é a confecção real do trabalho protético.

Para Batson *et al.* (2014), a tecnologia CAD/CAM ao longo do tempo vem ganhando popularidade. O sistema CAD/CAM, na Odontologia, evoluiu drasticamente nos últimos 30 anos. Recentemente, numerosos sistemas de CAD/CAM com ampla capacidade que variam o design de restaurações e a fabricação de acordo com o planejado tornam a tecnologia

amplamente disponível para os clínicos e laboratórios de próteses dentárias. Além disso, a procura por materiais estéticos tem crescido na Odontologia Restauradora, o que exige tecnologia de ponta da fabricação destes. Dois materiais, lítio disilicato (LD) e zircônia monolítica (Zr), tornaram-se populares, e ambos são fabricados com sistema CAD/CAM. Os autores realizaram um estudo com a utilização de materiais diferentes (cerâmica, dissilicato de lítio e zircônia) a partir da tecnologia CAD/CAM. O volume de fluido gengival em média não diferiu entre os sistemas de coroa. A discrepância marginal horizontal média foi significativamente diferente entre dissilicato de lítio e coroas de zircônia, cujas coroas de zircônia com a menor quantidade de discrepância marginal horizontal. O estudo, embora limitado, concluiu que restaurações realizadas por CAD/CAM para diferentes materiais, apresentou resultados clínicos aceitáveis.

Kapos e Evans (2014) realizaram uma revisão sistemática com o objetivo de comparar próteses de implantes fabricados pela concepção e fabricação assistida por computador (CAD/CAM) com próteses de implantes fabricadas convencionalmente. Foram levantados avaliação estética, complicações (biológicas e mecânicas), a satisfação do paciente e fatores econômicos. Um total de 18 artigos satisfizeram os critérios de inclusão. Diante dos estudos levantados, os autores concluíram que as coras, pilares e estruturas fabricadas por CAD/CAM demonstram as taxas de sobrevivência comparáveis às próteses convencionalmente fabricadas.

De acordo com o levantamento bibliográfico de Moura e Santos (2015), com o desenvolvimento de cerâmicas com alto conteúdo cristalino e o refinamento da ciência e da engenharia da computação aplicada à Odontologia por meio dos sistemas CAD/CAM (*Computer Aided Design/Computer Aided Machine*), é possível nos tempos atuais atualmente confeccionar próteses parciais fixas (PPF) livres de metal de até quatorze elementos. Portanto, as restaurações em cerâmicas livres de metal começaram a se tornar uma opção segura para a restauração do elemento dentário. Para os autores, diante das vantagens oferecidas pelo sistema CAD/CAM, pode-se prever que esta é uma tecnologia próspera, mas que ainda não está plenamente conquistada entre os profissionais e estudantes da Odontologia.

Em um estudo de Mertens *et al.* (2016) com o objetivo de avaliar a tecnologia CAD/CAM (melhora na estabilidade e resultados funcionais) em pacientes desdentados reabilitados com hemimandibulectomia após diagnóstico de câncer na região. Foram incluídos no estudo cinco pacientes, sendo que sete implantes convencionais foram colocados no

osso zigomático restante e 16 no rebordo alveolar contralateral remanescente (Figuras 4-5). Todos eles obtiveram bom fechamento do defeito e mostrou significativa melhorias relativas a satisfação geral. Os autores puderam concluir que embora o número de pacientes incluídos foi relativamente baixo, o estudo demonstrou que as reabilitações utilizando o sistema CAD/CAM mostrou bons resultados durante o período de observação de 29,4 meses, sem quaisquer complicações com relação aos implantes, pilares, supraestruturas, ou obturadores.

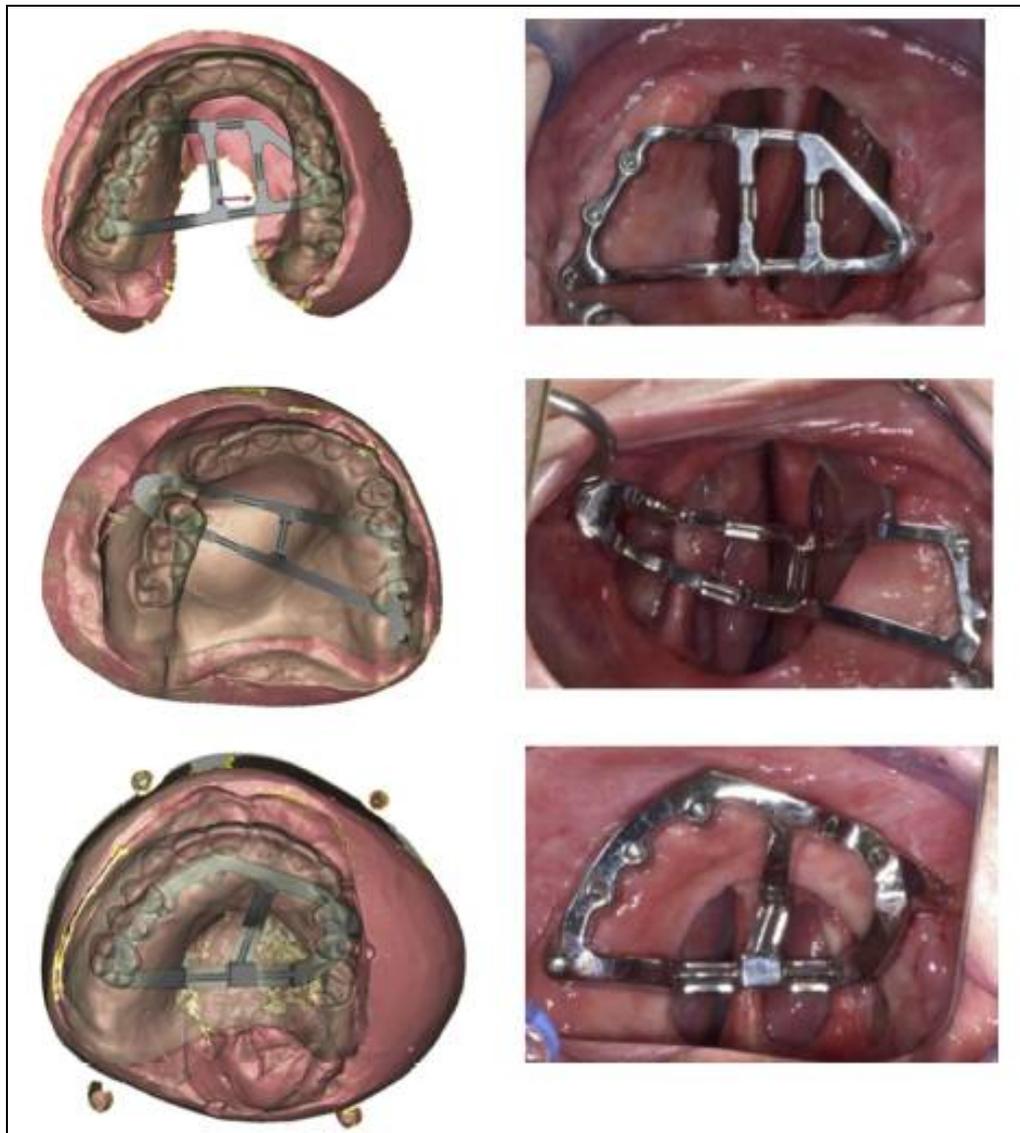


Figura 4. Três pacientes desdentados após hemimandibulectomia e subsequente reabilitação implanto-suportada

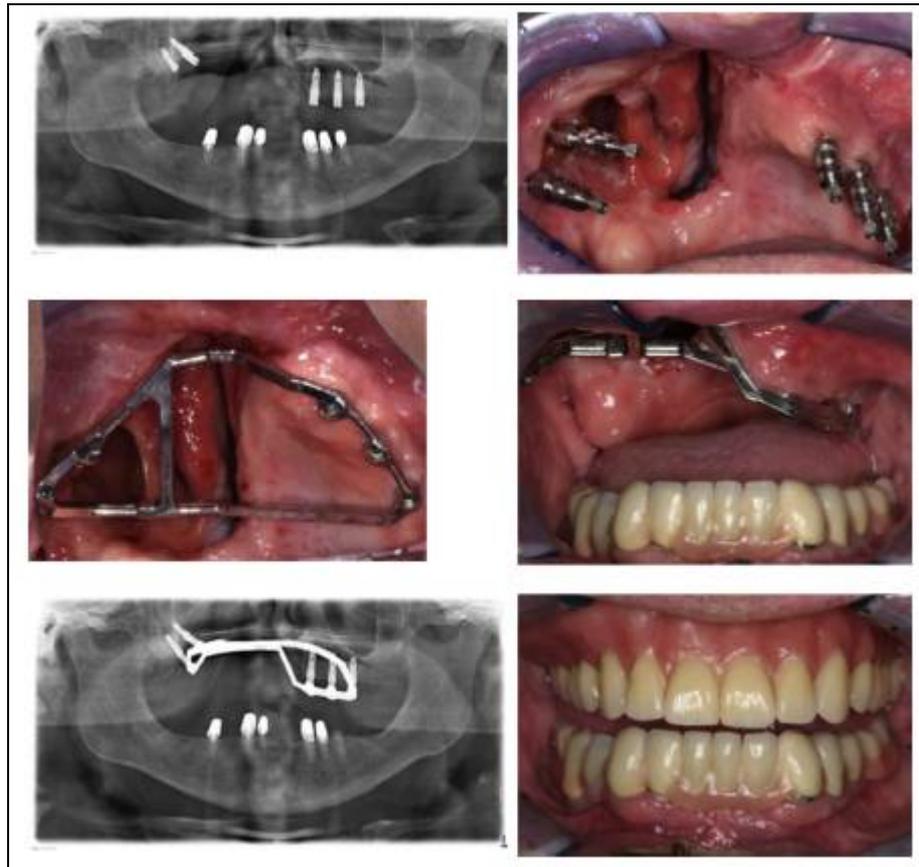


Figura 5. (a) radiografia pós-operatória após a colocação do implante no rebordo alveolar residual e do osso zigomático; (b) situação clínica na impressão de implante no nível do pilar; (c-e) quadro clínico e radiográfico de CAD / CAM moída supra-estrutura; (f) a restauração final

3.3 Cirurgia guiada

A Tomografia Computadorizada tornou possível o desenvolvimento de softwares específicos, para que seja realizado um estudo detalhado da anatomia esquelética facial, com excelente demonstração medular e cortical óssea, de seus rebordos alveolares e da relação das raízes dentárias com estruturas adjacentes (NASCIMENTO NETO *et al.*, 1997).

A cirurgia guiada combina técnicas cirúrgicas tradicionais com novas técnicas para fixação de implantes (CLEARY & NGUYEN, 2001).

Baseado no planejamento destes dados digitais, um guia cirúrgico personalizado é produzido para a cirurgia, a ancoragem horizontal do guia cirúrgico é feita por parafusos de

titânio o que possibilita a fixação dos implantes em posições pré-planejadas (VAN STEENBERGHE *et al.*, 2002).

A cirurgia guiada proporciona uma reabilitação preparada e planejada com a assistência de modelos físicos e virtuais (HIEU *et al.*, 2005).

Os programas de planejamento auxiliam no exato posicionamento relativo à anatomia e as necessidades protéticas do paciente (VAN STEENBERGHE *et al.*, 2005).

O desenvolvimento do programa de planejamento para cirurgia guiada é feito junto com imagens de tomografia computadorizada convertidos e dados DICOM em modelos 3-D a partir de dados clinicamente relevantes, tornando possível mimetizar a verdadeira representação do osso do paciente na tela do computador (MARCHACK, 2008).

Yong e Moy (2008), em um estudo avaliaram resultados clínicos precoces com guia cirúrgico projetado e fabricado com auxílio de computador, para colocação de implantes com foco em complicações cirúrgicas e protéticas, conduta e prevenção. Em um período de 43 meses, 13 pacientes foram reabilitados com guia cirúrgico CAD/CAM recebendo carga imediata e prótese fixa. A média de idade dos pacientes é de 67 anos com sete mulheres e seis homens. Tanto o planejamento bem como o procedimento foram de acordo com o protocolo Nobel Guide. O período de acompanhamento teve média de 26,6 meses. Foram restaurados com protocolo, sete maxilas e quatro mandíbulas edêntulas, duas maxilas e uma mandíbula parcialmente edêntulas. Os resultados foram classificados em complicações precoces: planejamento, cirúrgico e protético; e tardias: cirúrgico e protético. Não houve complicações com o planejamento quando houve uso do *software*. Foram encontradas três complicações precoces cirúrgicas, sendo duas com assentamento incompleto da prótese devido à interferência óssea e um por problemas de colocação incompleta de implante na profundidade necessária para o carregamento imediato da prótese. Também foram encontradas três complicações precoces protéticas que incluem afrouxamento da prótese, problemas fonéticos e mordida bilateral da bochecha. Foram relatadas nove complicações cirúrgicas tardias, um com dor persistente, um com defeito em tecido gengival e o restante com falha na integração do implante. Foram colocados ao todo 78 implantes, com oito falhas, incluindo a retirada do implante de complicação precoce. O índice de insucesso foi de 9%. Cinco dos sete implantes perdidos tardiamente tinham mais de 10mm de comprimento. Cinco foram colocados em maxila totalmente edêntula, um em arco mandibular parcialmente edêntula e um em arco

mandibular totalmente edêntulo. As complicações protéticas tardias foram registradas em nove casos, dois com forte desgaste oclusal, dois com afrouxamento do parafuso, três fraturas de próteses, uma estética insatisfatória, um com sensibilidade à pressão mastigatória. Oito das nove complicações ocorreram em próteses com estrutura de fibra de carbono, foi concluído que o sistema Nobel Guide é uma modalidade de tratamento segura que pode apresentar complicações, por isso é recomendado a fidelidade no protocolo estabelecido para minimizar ou prevenir complicações.

Para Vercryssen *et al.* (2008), em uma revisão de literatura sobre o uso da tomografia computadorizada baseada planejamento para reabilitação oral e sua transferência para o campo cirúrgico por meio de uma guia cirúrgica. Foi tratado sobre guias cirúrgicos com base em tomografias ou tomografia computadorizada, muitas vezes usando um software dedicado, mas fabricados manualmente. Guias de perfuração derivadas da CT foram discutidos, que são fabricadas por meio da tecnologia CAD/CAM. Os desvios entre a posição dos implantes na fase de planejamento e após a cirurgia são de extrema importância, especialmente quando os procedimentos são aplicados sem retalho. Os desvios máximos são pouco citados na literatura. Isso deve ser levado em conta quando um sistema é aplicado clinicamente.

A confecção do guia cirúrgico que precede a cirurgia possibilita ao implantodontista durante a implantação respeitar os limites mesio-distal, vestibulo- -lingual e ápico-coronal. Considerando que na Odontologia, os casos de pacientes que apresentam atrofia óssea é cada vez mais crescente, mais especificamente em Implantodontia e cirurgia bucomaxilofacial, é crescente também a necessidade de enxertos ósseos, o dificulta a previsão de resultados, e torna a cirurgia guiada por protótipos recomendada, pela possibilidade de diminuir o tempo cirúrgico, a agressão ao tecido e diminuição da contaminação de áreas cirúrgicas adjacentes, acelerando a cicatrização do paciente (FREITAS FILHO, 2010).

Para Tenorio *et al.* (2015), em Implantodontia, a utilização de um guia cirúrgico permite uma melhor emergência possível na prótese, isso depois de uma perfeita montagem dos dentes em cera e com a verificação da fonética, da oclusão e do corredor bucal. O guia cirúrgico é um diferencial para que se obtenha um exato planejamento reverso, ou seja, dinâmica e estética agradáveis. A confecção do guia cirúrgico antes da cirurgia possibilita ao implantodontista durante a implantação respeitar os limites mesio-distal, vestibulo-lingual e ápico-coronal.

3.4 Prototipagem

As técnicas de prototipagem rápida mais utilizadas para obtenção de biomodelos são Estereolitografia (SLA), a Sinterização Seletiva a Laser (SLS) A Impressão Tridimensional (3D printing), a Modelagem por Deposição Fundida (FDM), a PolyJet e a “Thermojet” (MJM), onde todas se baseiam na sinterização, aglutinação, polimerização ou solidificação de materiais específicos (SANGHERA *et al.*, 2001).

O aparelho de estereolitografia é formado a partir de um recipiente contendo resina líquida fotopolimerizável, onde um feixe de laser ultravioleta polimeriza as camadas finas de resina fotocurável de epóxi ou acrílico construindo assim os biomodelos. Após a construção da guia ocorre o pós-processamento por polimerização em forno ultravioleta, tornando-se translúcido (MEURER *et al.*, 2003).

Para Freitas *et al.* (2005), o procedimento minimiza problemas relacionados com as fases cirúrgicas e protéticas, além de quando utilizados, os biomodelos podem diminuir o tempo das intervenções cirúrgicas, reduzindo o risco e de erro cirúrgico e trazendo conforto ao paciente.

Os Biomodelos se caracterizam por protótipos biomédicos que são obtidos a partir de imagens Tomográficas Computadorizadas Axiais (TCA), que possuem a finalidade de auxiliar no tratamento das deformidades (BENZAZZI *et al.*, 2011).

De acordo com Tenorio *et al.* (2015), a prototipagem tem se formado de uma ferramenta de suma importância para o planejamento cirúrgico-protético em situações de alta complexidade, como na Implantodontia e em cirurgias buco-maxilo-facial. As tecnologias amparadas por computadores permitem uma modelagem mais sistemática e precisa e podem, dessa forma, reduzir passos morosos na cadeira odontológica e do trabalho de laboratório, otimizando o tempo de trabalho. Os autores puderam concluir que a prototipagem e a cirurgia guiada concebem um novo guia na Implantodontia e na cirurgia buco-maxilo-facial, em que os procedimentos cirúrgicos se tornam mais seguros, simples e previsíveis. Com esse tipo de procedimento é possível otimizar o tempo do paciente sob intervenção cirúrgica e ainda gerar um maior grau de confiança devido às simulações e informações obtidas pelos biomodelos.

4 DISCUSSÃO

Para Branemark *et al.* (1969) os sistemas CAD/CAM surgiram em 1929 em pesquisas aeronáuticas. Para Moura e Santos (2015) a tecnologia CAD/CAM já era muito utilizada em vários segmentos da indústria quando, em 1971 foi introduzida na Odontologia. Para Tinschert *et al.* (2004), também as primeiras tentativas de aplicação da tecnologia CAD/CAM na Odontologia iniciaram na década de 70. Liu (2005) também menciona a primeira aplicação em 1970, assim como Bernandes *et al.* (2012). Para Branemark *et al.* (1969), na Odontologia se tornou viável somente na década de 80. Para Davidowitz e Kotick (2011) a tecnologia CAD/CAM está se popularizando na Odontologia nos últimos 25 anos. Algumas das figuras mais importantes do CAD/CAM na Odontologia são os doutores François Duret da França, Werner Mormann da Suíça, Dianne Rekow do Estados Unidos, e Matts Andersson da Suécia.

Liu (2005) relatou que o primeiro sistema CAD/CAM, comercialmente disponível para Odontologia foi CEREC. Kayatt e Neves (2013) informaram que em 1980 foi lançado o primeiro sistema comercialmente viável disponibilizado aos cirurgiões-dentistas (CEREC de Mormann e Brandestini). Até os tempos atuais esse sistema continua em suas versões BlueCAM e OminiCam, sendo um dos sistemas mais comercializados no mundo. Para Batson *et al.* (2014), a tecnologia CAD/CAM ao longo do tempo vem ganhando popularidade e que o sistema CAD/CAM, na Odontologia, evoluiu drasticamente nos últimos 30 anos.

De acordo com Tinschert *et al.* (2004), existem dois tipos de sistema CAD/CAM, os modos sistemáticos se diferenciam pela disponibilidade de ceder arquivos do sistema CAD, são eles sistema CAD/CAM aberto e sistema CAD/CAM fechado. A principal vantagem do sistema aberto é poder selecionar o sistema CAM que se adequa melhor aos propósitos, já que é possível transferir o arquivo CAD para outro computador. Já o sistema fechado oferece em seu programa o sistema completo de produção. Liu (2005) descreve que os sistemas CAD/CAM podem ser categorizados em *in-office* ou sistema para laboratório. Para Bernandes *et al.* (2012) a tecnologia CAD/CAM envolve várias etapas, o que pode atrapalhar seu entendimento. Nessa tecnologia, podemos ter (1) centrais de usinagem; (2) centrais de escaneamento; (3) centrais de usinagem e escaneamento, podendo ser industriais, laboratoriais

e clínicas. É fundamental, que essas áreas envolvidas devem ser comunicar entre si. Já para Kayatt e Neves (2013), na Odontologia, o processo CAD/CAM compreende-se em três etapas distintas: 1) a captura dos dados, a digitalização das imagens de boca ou modelo; 2) o trabalho no CAD, propriamente dito, a confecção virtual das próteses ou estruturas; e 3) o trabalho no CAM que é a confecção real do trabalho protético.

Para Torres *et al.* (2009) a prática desta tecnologia na área odontológica teve como objetivo promover a automatização e padronização do processo de fabricação de próteses e restaurações, e também reduzir os custos da produção. A tecnologia *Computer Aided Design / Computer Aided Manufacture* (CAD-CAM), em Odontologia, para Hattori *et al.* (2011) é utilizada especialmente na produção de restaurações de próteses fixas. De acordo com Bernandes *et al.* (2012) a indústria utiliza esse processo para automatizar, agilizar e controlar os processos de produção e fabricação, com o objetivo de simplificar, automatizar e garantir níveis de qualidade com adaptações micrométricas das nossas próteses dentárias. Ainda Para Torres *et al.* (2009) a tecnologia CAD/CAM aplicado à cirurgia de implante permite a produção de alta resistência e de alta densidade de coroas, e na fabricação de pilares de implantes e guias cirúrgicas. Oferece um design personalizado, um ajuste perfeito e uma maior resistência, sendo as principais características dos pilares de implantes de CAD/CAM. Miyazaki *et al.* (2009) concluíram em seu estudo que a aplicação da tecnologia do sistema CAD/CAM na Odontologia é promissor, não só no campo de coroas e próteses, mas também em outras áreas da Odontologia, mesmo sendo uma contribuição limitada em 2009. Davidowitz e Kotick (2011), a tecnologia CAD/CAM foi desenvolvida para resolver três desafios. O primeiro desafio era para garantir a resistência adequada da restauração, especialmente para dentes posteriores, o segundo desafio era criar restaurações com uma aparência natural, e o terceiro desafio era fazer a restauração do dente mais fácil, mais rápido e mais preciso. Para Miyazaki *et al.* (2009), o sistema CAD/CAM na Odontologia é complexo por algumas razões, entre eles o custo total, tempo de operação, e manipulação dos os sistemas de processamento de dispositivos dentários usando tecnologia CAD/CAM deve estar igual, ou ser superior, para substituir o método convencional

Bindl e Mörmann (2004) analisaram a taxa de sobrevivência de mono-cerâmica e cerâmica-core produzidas em sistema CAD/CAM de coroas anteriores de mais dois - cinco anos, sendo analisado também a saúde gengival. Para os autores o desempenho clínico de coroas mono-cerâmica foi considerada semelhante à do núcleo coroas cerâmicas. Kapos e Evans (2014) realizaram uma revisão sistemática com o objetivo de comparar próteses de

implantes fabricados pela concepção e fabricação assistida por computador (CAD/CAM) com próteses de implantes fabricadas convencionalmente. Foram levantados avaliação estética, complicações (biológicas e mecânicas), a satisfação do paciente e fatores econômicos. Um total de 18 artigos satisfizeram os critérios de inclusão. Diante dos estudos levantados, os autores concluíram que as coras, pilares e estruturas fabricadas por CAD/CAM demonstram as taxas de sobrevivência comparáveis às próteses convencionalmente fabricadas.

Mertens *et al.* (2016), em um estudo puderam concluir que embora o número de pacientes incluídos foi relativamente baixo, o estudo demonstrou que as reabilitações utilizando o sistema CAD/CAM mostrou bons resultados durante o período de observação de 29,4 meses, sem quaisquer complicações com relação aos implantes, pilares, supraestruturas, ou obturadores.

Sundh e Sjögren (2008), que descreveram um estudo com o objetivo avaliar a resistência à flexão de restaurações implantossuportadas de zircônia feitas por CAD/CAM e restaurações de alumina reforçada manufaturadas. Os autores puderam concluir que todos os *abutments* e *copings* cerâmicos exibiram valores, se não iguais, superiores aos de controle e superaram os valores reportados, acima de 300 N, para forças incisais. Blatz *et al.* (2009), realizaram um estudo com o uso da zircônia em componentes sobre implante. Os autores puderam concluir com seu estudo que os pilares sobre implante fabricados de zircônia podem fornecer vantagens estéticas sobre os pilares metálicos. Para Miyazaki e Hotta (2011) o desenvolvimento de uma variedade de ligas de fundição e sistemas de fundição precisos tem contribuído para o sucesso do uso de restaurações à base de metal. No entanto, os pacientes vem exigindo mais materiais seguros e com estéticas levando a um aumento da demanda por restaurações livres de metal. Há também uma crescente demanda para fornecer restaurações de cerâmica pura. Os novos materiais, tais como altamente sinterizado como alumina policristalino, materiais de zircônia base e monômeros adesivos, poderá auxiliar os dentistas para atender a essa demanda. Quando existe uma discrepância no metal, eles podem ser ajustados por separação e solda, mas isto não pode ser feito com estruturas de zircônia.

Para Batson *et al.* (2014), dois materiais, lítio disilicato (LD) e zircônia monolítica (Zr), tornaram-se populares, e ambos são fabricados com sistema CAD/CAM. Para Moura e Santos (2015), com o desenvolvimento de cerâmicas com alto conteúdo cristalino e o refinamento da ciência e da engenharia da computação aplicada à Odontologia por meio dos sistemas CAD/CAM (*Computer Aided Design/Computer Aided Machine*), é possível nos

tempos atuais atualmente confeccionar próteses parciais fixas (PPF) livres de metal de até quatorze elementos. Alfarsi, Okutan e Bickel (2009) estudaram e avaliaram a viabilidade de *abutments* confeccionados a partir de blocos pré-sinterizados de porcelana feldspática, para uso sobre implantes de CAD/CAM. O grupo de *abutments* usinados diante da técnica CAD/CAM pôde demonstrar maior resistência à fratura do que o grupo controle. Os autores concluíram que as peças confeccionadas a partir do sistema CEREC 3D (Sirona Dental Systems) podem ser utilizadas com a mesma confiabilidade dos *abutments* convencionais.

Cleary e Nguyen (2001) relataram que a cirurgia guiada combina técnicas cirúrgicas tradicionais com novas técnicas para fixação de implantes. A cirurgia guiada proporciona uma reabilitação preparada e planejada com a assistência de modelos físicos e virtuais (HIEU *et al.*, 2005). Os programas de planejamento auxiliam no exato posicionamento relativo à anatomia e as necessidades protéticas do paciente (VAN STEENBERGHE *et al.*, 2005). A confecção do guia cirúrgico que precede a cirurgia possibilita ao implantodontista durante a implantação respeitar os limites mesio-distal, vestibulo-lingual e ápico-coronal (FREITAS FILHO, 2010). Para Tenorio *et al.* (2015), em Implantodontia, a utilização de um guia cirúrgico permite uma melhor emergência possível na prótese, isso depois de uma perfeita montagem dos dentes em cera e com a verificação da fonética, da oclusão e do corredor bucal.

Yong e Moy (2008), em um estudo avaliaram resultados clínicos precoces com guia cirúrgico projetado e fabricado com auxílio de computador, para colocação de implantes com foco em complicações cirúrgicas e protéticas, conduta e prevenção. As complicações protéticas tardias foram registradas em nove casos, dois com forte desgaste oclusal, dois com afrouxamento do parafuso, três fraturas de próteses, uma estética insatisfatória, um com sensibilidade à pressão mastigatória. Oito das nove complicações ocorreram em próteses com estrutura de fibra de carbono, foi concluído que o sistema Nobel Guide é uma modalidade de tratamento segura que pode apresentar complicações, por isso é recomendado a fidelidade no protocolo estabelecido para minimizar ou prevenir complicações. Patel (2010) pode delinear uma técnica de planejamento reverso utilizando-se ao mesmo tempo um sistema CAD/CAM para confecção das próteses e dados de uma tomografia computadorizada para o planejamento cirúrgico. De acordo com o autor, a integração dos sistemas Galileos (Sirona Dental Systems) e CEREC (Sirona Dental Systems) proporcionou um planejamento adequado e uma instalação de implantes eficiente, ofertando uma nova metodologia de executar a Implantodontia e a possibilidade de trabalhar autonomamente, sendo o dentista responsável por todo o processo.

Para Liu (2005), a principal desvantagem do sistema CAD/CAM é custo elevado, o que exige uma produção de restaurações em larga escala e de boa qualidade para alcançar a viabilidade financeira. Detalhadamente, para Davidowitz e Kotick (2011) os sistemas CAD / CAM tem desvantagens. O custo inicial do equipamento e *software* é alto, e o profissional o médico precisa gastar tempo e dinheiro em marketing para atrair clientes. Dentistas sem um volume suficientemente para restaurações, o investimento inicial pode não compensar. De acordo com levantamento bibliográfico de Bernandes *et al.* (2012) os sistemas CAD/CAM clínicos ou laboratoriais possuem algumas limitações e fatores que podem afetar a precisão da adaptação. Os autores puderam descrever as limitações de uso de alguns *softwares* usados para desenho das restaurações, assim como limitações do *hardware* utilizado, como a câmera, o equipamento de escaneamento e as máquinas de usinagem. A experiência e conhecimento dos clínicos e técnicos de laboratório também são de extrema importância quando sistemas CAD/CAM clínicos ou laboratoriais são utilizados na reabilitação dental.

A tecnologia CAD/CAM oferece várias vantagens do ponto de vista na construção de prótese dentária, oferecendo automatização de procedimentos de fabricação com maior qualidade em um curto período de tempo e os sistemas têm potencial para minimizar as imprecisões e reduzir os riscos de infecção por contaminação cruzada associado com fabricação de vários estágios na forma convencional (LIU, 2005). Nessa mesma linha, Torres *et al.* (2009), entre as vantagens da utilização destes sistemas destacam-se a melhor reprodutibilidade e precisão dimensional, menor tempo de confecção, possibilidade de utilização de novos sistemas cerâmicos, (mais resistentes) e confecção de restaurações totalmente em cerâmica, que possuem estética superior quando comparadas às metalocerâmicas produzidas pelas técnicas convencionais. Para Miyazaki *et al.* (2009) as vantagens da utilização de tecnologia CAD / CAM de a fabricação de coroas e próteses pode ser resumida como: 1) aplicação de novos materiais; 2) trabalho reduzido; 3) eficácia de custo; e 4) qualidade controlada. Além da demanda por restaurações estéticas, a demanda por próteses de alta qualidade e próteses removíveis confortáveis também está aumentando na sociedade. Ainda é necessário uma colaboração aos técnicos para fabricar esses dispositivos. Considerando o tempo de vida funcional prevista destes dispositivos como parte do escopo, as inovações de materiais e de tecnologias para a fabricação de próteses são necessárias para satisfazer a segurança rigorosa e garantia de padrões de qualidade. Análises de concepção estrutural durante o processo de CAD é promissora e espera-se ser uma potente ferramenta para a concepção de estruturas de cerâmica dental incluindo a concepção da área

de ligação para diminuir o risco de fratura durante a função. Para fornecer serviços odontológicos mais sofisticados que usam dispositivos restauradores e protéticos, espera-se no futuro serem concebidos e fabricados com uma melhor função relacionada com os movimentos da mandíbula. Para Davidowitz e Kotick (2011), a utilização da tecnologia CAD/CAM para restaurações dentárias tem inúmeras vantagens em relação às técnicas tradicionais. Estas vantagens incluem a velocidade, facilidade de utilização, e de qualidade. A qualidade das restaurações CAD/CAM é extremamente elevada, porque as medições e fabricação são precisas. As restaurações CAD/CAM têm uma aparência natural, porque os blocos cerâmicos têm uma qualidade translúcida, e estão disponíveis numa grande variedade de cores. A economia de tempo e de trabalho têm o potencial de reduzir os custos, e a promessa de restaurações mais rápidas e de alta qualidade promovem uma maior satisfação ao paciente. Para Moura e Santos (2015), diante das vantagens oferecidas pelo sistema CAD/CAM, pode-se prever que esta é uma tecnologia próspera, mas que ainda não está plenamente conquistada entre os profissionais e estudantes da Odontologia.

5 CONCLUSÕES

Baseando-se nos dados desta revisão de literatura, pode-se concluir que:

- A tecnologia CAD/CAM possui aplicabilidade clínica e resultados positivos comprovados, a satisfação do paciente e o retorno positivo do investimento torna uma tendência em consultórios e clínicas;
- A colocação de implantes utilizando guias cirúrgicos otimizam o posicionamento dos implantes, conseqüentemente reduzem o tempo cirúrgico e o período de recuperação;
- Há maior possibilidade de utilização de novos materiais, mais resistentes e de melhor resultado estético, com o uso do sistema;
- A rapidez no processo de produção de próteses e a precisão das medidas, permitem uma economia considerável de tempo e de dinheiro, para paciente, laboratório e clínico;
- A necessidade de um alto investimento inicial e conhecimento de técnicas de informática, podem ser empecilhos para a adoção do sistema;
- Demanda de trabalho não compatível, pode reduzir o tempo de retorno do investimento ou prejuízo.

REFERÊNCIAS*

ALFARSI, M.; OKUTAN, H. M.; BICKEL, M. CAD/CAM to fabricate ceramic implant abutments and crowns: a preliminary in vitro study. **Austr Dent J**, v. 54, p. 12-16, 2009.

BATSON, E. R.; COOPER, L.; DUQUM, I.; MENDONÇA, G. Clinical outcomes of three different crown systems with CAD/CAM technology. **J Prosthet Dent**, v. 112, n. 4, p. 770-777, Oct 2014.

BENAZZI, S.; FIORENZA, L.; KOZAKOWSKI, S.; KULLMER, O. Comparing 3D virtual methods for hemimandibular body reconstruction. **The Anatomical Record**, v. 294, n. 7, p. 1116-1125, Jul 2011.

BERNARDES, S. R.; TIOSSI, R.; SARTORI, I. A. M.; THOMÉ, G. Tecnologia CAD/CAM aplicada a prótese dentária e sobre implantes: o que é, como funciona, vantagens e limitações. Uma revisão crítica da literatura. **Jornal ILAPEO**, v. 6, n. 1, p. 8-13, Jan/Mar 2012.

BINDL, A.; MÖRMANN, W. H. Survival rate of mono-ceramic and ceramic-core CAD/CAM-generated anterior crowns over 2-5 years. **Eur J Oral Sci**, v. 112, n. 2, p. 197-204, Apr 2004.

BLATZ, M. B.; BERGLER, M.; HOLST, S.; BLOCK, M. S. Zirconia Abutments for Single-Tooth Implants—Rationale and Clinical Guidelines. **J Oral Maxillofac Surg**, v. 67, n. 3, p. 74-81, Nov 2009.

BRÅNEMARK, P. I.; ADELL, R.; BREINE, U.; HANSSON, B. O.; LINDSTRÖM, J.; OHLSSON, A. Intra-osseous anchorage of dental prostheses: I. Experimental studies. **Scand J Plast Reconstr Surg**, v. 3, n. 2, p. 81-100, 1969.

CLEARY, K.; NGUYEN, C. State of the art in surgical robotics: clinical applications and technology challenges. **Comput Aided Surg**, v. 6, n. 6, p. 312-328, 2001.

DAVIDOWITZ, G.; KOTICK, P. The Use of CAD/CAM in Dentistry. **Dent Clin North Am**, v. 55, n. 3, p. 559-570, Jul 2011.

* Conforme Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 6023, 2002.

FREITAS, A. C.; MENDONÇA, R. G.; WENDELL, S.; DUARTE, L. R. Prototipagem aplicada ao planejamento reverso das fixações zigomáticas. **ImplantNews**, v. 2, n. 2, p. 155-162, Mar/Abr 2005.

FREITAS FILHO, A. R. **Prototipagem em Implantodontia e Cirurgia Guiada**. 2010. Dissertação (Especialista em Implantodontia) - **CIODONTO/FAISA**, Rio de Janeiro, 2010.

HATTORI, K. E.; MAROTTI, J.; GIL, C.; CAMPOS, T. N.; MORI, M. Inovações tecnológicas em reabilitação oral protética. **RGO - Rev Gaúcha Odontol**, v.59, n. 2, p. 59-66, Jan/Jun 2011.

HIEU, L. C.; ZLATOV, N.; VANDER SLOTEN, J.; BOHEZ, E.; KHANH, L.; BINH, P. H.; et al. Medical rapid prototyping applications and methods. **Assembly Automation**, v. 25, n. 4, p. 284-292, 2005.

KAPOS, T.; EVANS, C. CAD/CAM technology for implant abutments, crowns, and superstructures. **Int J Oral Maxillofac Implants**, v. 29, p.117-136, 2014.

KARL, M.; TAYLOR, T. D. Effect of Material Selecton on the Passivity of Fit of Implant-Supported Restorations Created with Computer-Aided Design/Computer-Assisted Manufacture. **Int J Oral Maxillofac Implants**, v. 26, n. 4, p. 739-745, Jul/Aug 2011.

KAYATT, F. E.; NEVES, F. D. **Aplicação dos Sistemas CAD/CAM na odontologia restauradora**. 1. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. p. 8-9.

LIU, P. R. Panorama of dental CAD/CAM restorative systems. **Compend Contin Educ Dent**, v. 26, n. 7, p. 507-513, Jul 2005.

MARCHACK, C. B. An immediately loaded CAD/CAM-guided definitive prosthesis: a clinical report. **J Prosthet Dent**, v. 93, n. 1, p. 8-12, Jan 2005.

MERTENS, C.; GONZALEZ, J. S. J.; FREUDLSPERGER, C.; BODEM, J.; KRISAM, J.; HOFFMANN, J.; ENGEL, M. Implant-prosthetic rehabilitation of hemimaxillectomy defects with CAD/CAM suprastructures. **J Craniomaxillofac Surg**, v. 44, n. 11, p. 1812-1818, 2016.

MEURER, E.; OLIVEIRA, M. G.; MEURER, M. I.; SILVA, J. V. L.; BÁRBARA, A. S.; HEITZ, C. Os biomodelos de prototipagem rápida em cirurgia e traumatologia bucomaxilofacial. **J Craniomaxillofac Surg**, v. 26, n. 3, p. 136, 2003.

MEURER, M. I.; MEURER, E.; SILVA, J. V. L.; BÁRBARA, A. S.; NOBRE, L. F.; OLIVEIRA, M. G.; *et al.* Aquisição e manipulação de imagens por tomografia

computadorizada da região maxilofacial visando à obtenção de protótipos biomédicos. **Radiol Bras**, v. 41, n. 1, p. 49-54, 2008.

MIYAZAKI, T.; HOTTA, Y.; KUNII, J.; KURIYAMA, S.; TAMAKI, Y. A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience. **Dental Mater J**, v. 28, n. 1, p. 44-56, Jan 2009.

MIYAZAKI, T.; HOTTA, Y. CAD/CAM systems available for the fabrication of crown and bridge restorations. **Aust Dent J**, v. 56, n. 1, p. 97-106, Jun 2011.

MOURA, R. B. B.; SANTOS, T. C. Sistemas cerâmicos metal free: tecnologia CAD/CAM – revisão de literatura. **R Interd**, v. 8, n. 1, p. 220-226, Jan/Mar 2015.

NASCIMENTO NETO, J. B. S.; RIVERA, C. V. P.; LIMA, D. L.; SANTOS, E. D. Uso de guias cirúrgicos radiográficos em tomografias convencionais multidirecionais controladas por computador aplicadas a implantodontia. **Rev Fac Odontol Pernambuco**, v. 15, n. 1/2, p. 44-7, 1997.

PATEL, N. Integrating three-dimensional digital technologies for comprehensive implant dentistry. **J Am Dent Assoc**, v. 141, p. 20-24, 2010.

SANGHERA, B.; NAIQUE, S.; PAPA HARILAOU, Y. AMIS, A. Preliminary study of rapid prototype medical models. **Rapid Prototyping Journal**, v. 7, n. 5, p. 275-284, 2001.

SUNDH, A.; SJÖGREN, G. A study of the bending resistance of implant-supported reinforced alumina and machined zirconia abutments and copies. **Dent Mater**, v. 24, n.5, p. 611-617, May 2008.

TEIXEIRA, S. E. Q. Reabilitação de Maxila: Importância do Diagnóstico e do Domínio Técnico: Relato de Caso Clínico. **ImplantNews**, v. 8, n. 4, p. 485-492, 2011.

TENORIO, J. R.; SOUZA, E. S.; GERBI, M. E. M.; VASCONCELOS, B. C. E. Prototipagem e cirurgia guiada em implantodontia: revisão de literatura. **RFO**, v. 20, n. 1, p. 110-114, 2015.

TINSCHERT, J.; NATT, G.; HASSEN PFLUG, S.; SPIEKERMANN, H. Status of current CAD/CAM technology in dental medicine. **Int J Comput Dent**, v. 7, n. 1, p. 25-45, Jan 2004.

TORRES, M. A. F.; ESTELA, S. A.; RAYA, M. A.; DIAGO, M. P. CAD/CAM dental systems in implant dentistry: Update. **Med Oral Patol Oral Cir Bucal**, v. 14, n. 3, p. 141-145, Mar 2009.

VAN STEENBERGHE, D.; NAERT, I.; ANDERSSON, M.; BRAJNOVIC, I.; VAN CLEYNENBREUGEL, J.; SUTENS, P. A custom template and definitive prosthesis allowing immediate implant loading in the maxilla: a clinical report. **Int J Oral Maxillofac Implants**, v. 17, n. 5, p. 663-670, Sep/Oct 2002.

VAN STEENBERGHE, D.; GLAUSER, R.; BLOMBÄCK, U.; ANDERSSON, M.; SCHUTYSER, F.; PETTERSSON, A.; et al. A computed tomographic scan-derived customized surgical template and fixed prosthesis for flapless surgery and immediate loading of implants in fully edentulous maxillae: A prospective multicenter study. **Clin Implant Dent Relat Res**, v. 7, p. s111-s120, 2005.

VERCRUYSSSEN, M.; JACOBS, R.; VAN ASSCHE, N.; VAN STEENBERGHE, D. The use of CT scan based planning for oral rehabilitation by means of implants and its transfer to the surgical field: a critical review on accuracy. **J Oral Rehabil**, v.35, n. 6, p. 454-474, Jun 2008.

YONG, L. T.; MOY, P. K. Complications of Computer-Aided-Design / Computer-Aided-Machining-Guided (NobelGuide™) Surgical Implant Placement: An Evaluation of early Clinical Results. **Clin Implant Dent Rel Res**, v.10, n.3, p.123-127, Sep 2008.