

**U. PORTO**



FACULDADE DE  
MEDICINA DENTÁRIA  
UNIVERSIDADE DO PORTO

**REVISÃO BIBLIOGRÁFICA  
MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA**

## **CIRURGIA ORAL GUIADA**

Nuno Carvalho Sarmento de Meneses

Porto, 2019



**U. PORTO**



FACULDADE DE  
MEDICINA DENTÁRIA  
UNIVERSIDADE DO PORTO

**REVISÃO BIBLIOGRÁFICA  
MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA**

## **CIRURGIA ORAL GUIADA**

Nuno Carvalho Sarmento de Meneses

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Doutora Inês Guerra Pereira

Professora Auxiliar Convidada da Faculdade de Medicina Dentária  
da Universidade do Porto

Porto, 2019



## AGRADECIMENTOS

**À minha família,**

Pela compreensão, ajuda e investimento

**Aos meus amigos,**

Por todas as aventuras e maluqueiras, apoio e bondade

**À Prof.<sup>a</sup> Doutora Inês Guerra Pereira,**

Pela sua mestria no ensino, dedicação, inspiração e orientação

**Ao Dr. Ricardo Henriques,**

Pela sua disponibilidade e revisão

“O sucesso é resultado do trabalho, dedicação e empenho!”



# ÍNDICE

<b>RESUMO</b> .....	<b>1</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>3</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>5</b>
<b>2. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>9</b>
<b>3. DESENVOLVIMENTO</b> .....	<b>11</b>
3.1. MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO E DE CAPTAÇÃO DE IMAGEM .....	11
3.2. PLANEAMENTO E <i>GUIDELINES</i> .....	12
3.2.1. <i>Implantologia proteticamente guiada</i> .....	13
3.3. SOFTWARES DE PLANEAMENTO CIRÚRGICO .....	13
3.4. CIRURGIA GUIADA/ASSISTIDA POR COMPUTADOR ESTÁTICA.....	14
3.4.1. <i>Estereolitografia</i> .....	15
3.4.2. <i>Laboratório</i> .....	17
3.4.3. <i>Tipos de suporte das guias cirúrgicas</i> .....	18
3.4.4. <i>Resultados clínicos</i> .....	19
3.4.5. <i>Vantagens</i> .....	22
3.4.6. <i>Desvantagens</i> .....	22
3.4.7. <i>Indicações</i> .....	22
3.5. CIRURGIA GUIADA/ASSISTIDA POR COMPUTADOR DINÂMICA OU NAVEGAÇÃO DINÂMICA.....	23
3.5.1. <i>Sistemas de rastreamento</i> .....	24
3.5.2. <i>Registo imagem-paciente</i> .....	25
3.5.3. <i>Calibração e Navegação cirúrgica</i> .....	26
3.5.4. <i>Vantagens</i> .....	27
3.5.5. <i>Desvantagens</i> .....	27
3.5.6. <i>Indicações</i> .....	27
3.5.7. <i>Head-mounted display</i> .....	28
3.5.8. <i>Fabrico de guias cirúrgicas utilizando sistemas de navegação</i> .....	29
3.6. COMPARAÇÃO DOS DIFERENTES SISTEMAS DE CIRURGIA GUIADA .....	29
<b>4. CONCLUSÃO</b> .....	<b>31</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>33</b>



## ABREVIATURAS

**2D** – duas dimensões

**3D** – três dimensões

**AR** – do inglês *Augmented Reality*

**CAD-CAM** – do inglês *Computer-aided design e Computer-aided modeling*

**CBCT** – do inglês *Cone Beam Computerized Tomography* – Tomografia Computorizada de feixe Cônico

**DICOM** – do inglês *Digital Imaging and Communications in Medicine*

**HMD** – do inglês *Head-mounted display*

**ITI** – do inglês *International Team for Implantology*

**TC** – Tomografia Computorizada



## RESUMO

**Introdução:** A cirurgia guiada tem sido utilizada há alguns anos em várias áreas médicas. Na Medicina Dentária é útil especialmente em implantologia, tendo surgido como alternativa à cirurgia convencional de forma a aumentar a precisão e permitir um melhor pós-operatório. O advento da Tomografia Computorizada de Feixe Cónico e dos softwares de CAD-CAM permitiu desenvolver novas técnicas de planeamento e consequentemente, desenvolver a metodologia guiada de colocação de implantes.

**Objetivos:** Elaborar o estado da arte da cirurgia oral guiada. Indagar, através da literatura, as vantagens desta técnica comparativamente à técnica convencional, relativamente à precisão e pós-operatório da cirurgia para colocação de implantes.

**Material e métodos:** Elaborou-se uma pesquisa em bases de dados internacionais, tais como a PubMed, o Google Scholar e o ScienceDirect. Consultaram-se também revistas científicas e livros na Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto. Foram incluídos artigos do tipo revisão bibliográfica, revisão sistemática, meta-análises, estudos comparativos, casos clínicos e *guidelines*, com um limite temporal de 15 anos.

**Desenvolvimento:** A implantologia guiada tem sempre como ponto de partida a obtenção de imagens tridimensionais do paciente, a partir das quais se realiza o planeamento do caso. A implantologia guiada estática utiliza guias, habitualmente fabricadas por estereolitografia para transferir a posição dos implantes determinada pré-cirurgicamente para o campo operatório. Em alternativa, a navegação dinâmica, utiliza rastreamento ótico para monitorizar a posição das brocas em tempo real e sobrepô-las às imagens do planeamento virtual.

**Conclusão:** As atuais técnicas de implantologia guiada são uma alternativa viável ao método convencional e apresentam vantagens em determinados casos clínicos, sendo a principal vantagem o aumento de precisão.

**Palavras-chave:** cirurgia oral guiada, cirurgia guiada por computador, implantologia guiada, navegação e dinâmica.



## ABSTRACT

**Background:** Guided surgery has been performed for several years in general Medicine. In Dentistry, it's mostly used in Implantology as an alternative to conventional implant surgery with improved precision and a better post-operative. The advent of Cone Beam Computerized Tomography and CAD-CAM software, has allowed new planning procedures to emerge and consequently the development of guided techniques to place implants.

**Purpose:** To explain the current available techniques of guided implantology and to understand if the guided techniques improve accuracy and post-operative.

**Material and methods:** Research was performed in international databases such as the National Library of Medicine PubMed, Google Scholar and ScienceDirect, scientific magazines and books were consulted in Faculty of Dental Medicine of the University of Porto's library. Articles included were within a range of 15 years and consisted of Reviews, Systematic Reviews, Meta-Analysis, Comparative Studies, Clinical Cases and Guidelines.

**Development:** Guided implantology starts with a tridimensional image of the patient that is used to plan the surgery. Static guided implant surgery uses static guides, fabricated in most cases by stereolithography, to transfer the pre-surgical plan to operative field. Alternatively, dynamic navigation, takes advantage of optical tracking systems to track the position of the drills in real time and to merge this information with the virtual pre-surgical plan.

**Conclusion:** Guided implantology techniques represent a viable alternative to the conventional method. Guided techniques show better outcomes in some clinical cases, the main advantage being the increased precision.

**Keywords:** computer guided surgery, image guided surgery (MeSH Term), implantology, navigated and dynamic.



# 1. INTRODUÇÃO

As constantes evoluções científicas e tecnológicas fazem com que diariamente nos sejam apresentadas novas descobertas, novos produtos e diferentes métodos de trabalhar. A Medicina Dentária não é exceção. Cabe por isso ao médico dentista estar constantemente atualizado sobre as descobertas na sua área e os constantes progressos a nível de técnicas de diagnóstico, planeamento e execução dos tratamentos. É essencial conhecer e compreender as técnicas que vão surgindo e validar a evidência científica das mesmas.

Cada vez mais os médicos dentistas cirurgiões estão a adotar software de *computer-aided design* e *computer-aided modeling* (CAD-CAM). O software CAD-CAM permite importar informação em 2 dimensões (2D) da Tomografia Computorizada (TC), transformada em formato DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*) para um computador e gerar uma representação precisa, a 3 dimensões (3D), da anatomia do esqueleto e dos tecidos moles. Estes dados poderão depois ser utilizados para manufatura de um modelo estereolitográfico ou manipulados por segmentação, reflexão ou inserção de regiões anatómicas específicas com o propósito de diagnóstico ou para elaborar o plano de tratamento.<sup>(1)</sup>

Tecnologia de navegação cirúrgica guiada por computador é regularmente utilizada em cirurgia craniomaxilofacial. Baseada em princípios de realidade aumentada, onde o campo operatório real se sobrepõe a informação gráfica gerada por computador, a navegação guiada por computador é utilizada entre outros procedimentos, em implantologia, artroscopia da articulação temporomandibular, osteotomias, distrações osteogénicas, biópsias e remoção de corpos estranhos.<sup>(2)</sup> As indicações para cirurgia craniomaxilofacial assistida/guiada por computador são: biópsias e remoção de corpos estranhos; reconstruções complexas da órbita; reconstrução maxilomandibular; reconstrução do crânio; resseção de tumores da cabeça e pescoço; cirurgia da base do crânio, cirurgia ortognática ou craniofacial complexa; cirurgia da articulação temporomandibular e implantologia craniofacial ou dentária.<sup>(1-6)</sup> Protocolos preliminares para transplantes faciais utilizando cirurgia guiada estão

já a ser estudados. Embora ainda numa fase embrionária, os resultados são promissores.<sup>(7)</sup>

O aumento do recurso às Tomografias Computorizadas (TC) e mais recentemente à Tomografia Computorizada de Feixe Cónico (CBCT), bem como o desenvolvimento adicional de softwares disponibilizou o acesso a novas técnicas de planeamento e colocação de implantes.<sup>(8)</sup> Tanto para casos mais simples, de implantes unitários<sup>(9)</sup>, como em casos mais complexos, de implantes zigomáticos.<sup>(10,11)</sup> Em Medicina Dentária a cirurgia guiada não é utilizada exclusivamente para a colocação de implantes. Embora o número de estudos seja escasso e mais pesquisa nesta área é necessária, já estão descritos casos de sucesso em que se realizou colheita assistida por computador de blocos ósseos autólogos. Teoricamente, esta técnica vai aumentar a exatidão e previsibilidade do procedimento. Através de um controlo das linhas de osteotomia, conseguem-se blocos com dimensões e volumes adequados para a reconstrução do defeito.<sup>(12,13)</sup> Em Ortodontia, na técnica de piezoincisão, a elaboração de guias cirúrgicas irá permitir controlar a localização e profundidade das incisões, diminuindo o risco de lesar estruturas anatómicas importantes.<sup>(14,15)</sup> Na elevação do seio maxilar guiada por computador, a redução do trauma de percussão e a menor agressividade fazem desta modalidade uma alternativa a considerar em relação às técnicas utilizadas até então.<sup>(16,17)</sup> Na exodontia de dentes supranumerários inclusos em posição desfavorável, é desejável uma cirurgia minimamente invasiva e mais precisa para melhorar o pós-operatório e evitar lesar o gérmen de dentes definitivos em pacientes pediátricos.<sup>(18)</sup> Na enucleação de tumores, a navegação a três dimensões permite uma enucleação precisa do tumor, sem lesão dos órgãos contíguos.<sup>(3,18)</sup> Em todos os exemplos anteriores o tempo cirúrgico é diminuído. De salientar, que todos os estudos alertam para a margem de erro que deve ser levada em consideração aquando do planeamento.

Os implantes têm como objetivo a substituição de uma raiz dentária ou a ancoragem de próteses mais complexas, conferindo-lhes suporte, estabilidade e retenção. Desta forma, para poderem cumprir estes requisitos têm de ser colocados em locais onde sejam biologicamente aceites e que possibilitem a reabilitação protética do paciente. Deverão assim ser colocados em osso saudável, que permita a osteointegração do implante e numa posição, angulação

e profundidade viáveis para a posterior colocação da prótese. Frequentemente estes locais apresentam reduzido volume ósseo e proximidade com outros dentes ou estruturas anatómicas. Entende-se assim, que a transferência precisa da posição dos implantes pré-operatoriamente determinada para a boca do paciente é muito benéfica, tanto para o profissional como para o paciente.<sup>(8)</sup> A cirurgia guiada/assistida surge, por isso, como meio de evitar complicações e aperfeiçoar o procedimento cirúrgico. O objetivo da implantologia assistida por computador é tornar o processo de planeamento mais previsível e atingir os resultados pretendidos de forma mais fácil e com menor risco.<sup>(8)</sup>

Num momento em que a tecnologia e a era digital assumem um papel cada vez mais importante na Medicina Dentária, o conhecimento dos profissionais nesta área torna-se obrigatório. Com o desenvolvimento constante e o aparecimento permanente de novas técnicas e ferramentas, a atualização é fundamental e beneficia tanto os pacientes como o Médico Dentista.

Esta revisão pretende assim contribuir para esse conhecimento, referindo as diferentes técnicas de implantologia guiada ou assistida, desde o planeamento até à colocação. Além disso são apresentadas as indicações, vantagens e desvantagens de cada técnica, bem como os materiais ou dispositivos necessários para a sua realização.



## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a elaboração desta monografia de revisão bibliográfica realizou-se uma pesquisa de artigos científicos em bases de dados internacionais, como a *National Library of Medicine PubMed*, *Google Scholar* e *ScienceDirect*. Foram também consultados livros disponíveis na biblioteca da Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto e revistas científicas da área.

Foram selecionados artigos em português, inglês, francês e espanhol, com um limite temporal de 15 anos (desde 2004). As pesquisas foram efetuadas entre os dias 18/3/2019 e 27/3/2019. Foram incluídos artigos do tipo revisão bibliográfica, revisão sistemática, meta-análises, estudos comparativos, casos clínicos e *guidelines*. Foram ainda incluídos dois artigos retirados dos consensos do ITI (*Internacional Team for Implantology*).

Os critérios de inclusão contemplam estudos descritivos (caso clínico, série de casos e estudos seccionais transversais) porque mesmo sendo uma tipologia de estudos com evidência científica baixa, permite analisar os resultados clínicos desta técnica cirúrgica. Além disso enriquece o conteúdo do trabalho devido ao número elevado de casos.

As palavras chave utilizadas foram: [computer guided surgery], [image guided surgery] (Termos MeSH) AND [implantology], [navigated OR dynamic].

A informação reunida pretende responder à seguinte questão de investigação, elaborada segundo o método PICO:

**Em indivíduos com indicação para reabilitação implanto-suportada, as técnicas de cirurgia guiada em comparação com cirurgia convencional, otimizam a precisão e conseqüentemente o pós-operatório?**



### 3. DESENVOLVIMENTO

#### 3.1. Métodos de diagnóstico e de captação de imagem

A Medicina Dentária tem vindo a utilizar diversos sistemas de captação de imagem. Estes variam mediante a região que se pretende observar (um dente isolado, vários dentes, arcadas completas, ossos, articulação temporo-mandibular) e a maior ou menor necessidade de detalhe e fidelidade da imagem. Para a maioria dos clínicos, a utilização de sistemas de captação de imagem mais avançados é limitada pela disponibilidade destes aparelhos, custo de aquisição, encargos de manutenção e por preocupação quanto às doses de radiação.<sup>(19,20)</sup>

As modalidades de imagem mais vulgarmente utilizadas, como as radiografias convencionais (periapicais, panorâmicas, cefalométricas e oclusais) e as tomografias computadorizadas (TC) são limitadas no seu potencial de diagnóstico e planificação, já que fornecem ao profissional imagens de duas dimensões, que se apresentam frequentemente distorcidas, sendo por isso difíceis de avaliar corretamente. Em casos onde sejam necessárias imagens mais precisas e detalhadas, os clínicos estavam limitados à obtenção de Tomografias Computorizadas. Este tipo de imagens requerem frequentemente que o paciente se desloque a outra unidade de saúde para a sua execução, o que se revela um processo demorado e dispendioso. O aparecimento da Tomografia Computorizada de Feixe Cónico (CBCT) disponibilizou aos clínicos um meio mais prático de diagnóstico e de elaboração dos planos de tratamento. Tal como todas as modalidades de imagem, o CBCT possui certas limitações, no entanto fornece imagens a três dimensões (3D), a partir das quais uma grande quantidade de informação pode ser extraída e utilizada. As vantagens destes sistemas são a redução da área irradiada; uma dose total de radiação a que o paciente é exposto substancialmente menor em relação às TC convencionais; maior exatidão da imagem; menos artefactos metálicos; rápido tempo de scan/digitalização; facilidade de conversão dos dados para a sua utilização em softwares desenvolvidos para Medicina Dentária; custo mais reduzido e menor tamanho do aparelho, o que o torna mais versátil e passível de colocar numa clínica convencional. Adicionalmente o paciente pode sentar-

se em posição vertical, o que permite aliviar alguma da claustrofobia que os paciente reportam aquando de uma TC.<sup>(19)</sup>

Habitualmente todas as formas de captação de imagem acima mencionadas são e devem ser utilizadas. Já que nenhuma das modalidades substitui por completo as outras, pelo menos sem apresentar quaisquer desvantagens. Cabe ao médico dentista determinar qual o melhor método a utilizar, considerando sempre a finalidade do exame e as necessidades individuais de cada paciente. Para o planeamento da reabilitação com implantes, as imagens tridimensionais demonstram superioridade em relação às radiografias convencionais, motivo pelo qual devem ser utilizadas. A sua principal vantagem é a capacidade de medir densidade óssea.<sup>(20)</sup>

### 3.2. Planeamento e *guidelines*

O momento cirúrgico da colocação de implantes apresenta diversas dificuldades: movimento do paciente e inquietação, tempo anestésico limitado, dificuldade de visualização do campo operatório e preocupações biomecânicas, funcionais e estéticas.<sup>(21)</sup> Através do planeamento do número e tamanho de implantes a colocar, da sua posição e angulação, o cirurgião irá acautelar e ultrapassar muitas destas situações, permitindo-lhe concentrar-se totalmente no procedimento e no paciente.<sup>(20-22)</sup> Além disto, o planeamento do caso até à completa reabilitação do torna-o muito mais previsível, realista e suscetível de aceitação por parte do paciente.<sup>(8)</sup>

Desde a introdução da era moderna da implantologia em 1980 e durante muito tempo, a colocação de implantes baseava-se apenas na disponibilidade de osso residual. Vários estudos demonstraram que implantes colocados desta forma apresentam frequentemente erros de posição e angulação, originando assim dificuldades ou impossibilidades estéticas. Por outro lado, está demonstrado que implantes que não funcionam ao longo do seu maior eixo ficam expostos a forças de destruição laterais, terminando com numerosos problemas biomecânicos e até fraturas. Devido aos vários problemas associados e aos compromissos funcionais da prótese final surgiu o conceito de implantologia proteticamente guiada.<sup>(20)</sup>

### 3.2.1. Implantologia proteticamente guiada

Na implantologia proteticamente guiada considera-se não só o osso, como também os dentes a serem reabilitados. Primeiro planeia-se proteticamente e só depois cirurgicamente.<sup>(20)</sup>

O conhecimento adquirido através de uma vasta experiência clínica e de evidência científica, permitiu elaborar *guidelines* para a colocação e dimensão dos implantes. É de consenso geral que:

- a distância mínima entre um implante e um dente natural adjacente deve ser 1.5 mm;

- a distância entre dois implantes não deve ser menor do que 3 mm;

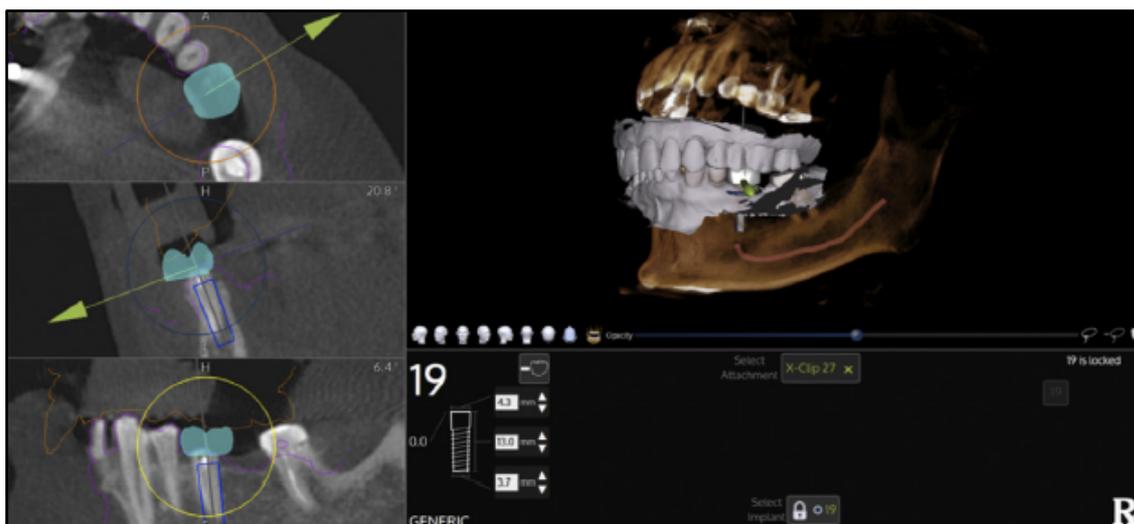
- a espessura mínima de osso que rodeia o implante por vestibular e lingual deverá ser de 1 a 1.5 mm.<sup>(8)</sup>

A implantologia guiada respeita estes princípios base. É fundamental que o planeamento considere todos os fundamentos e as regras físicas e biológicas transversais à reabilitação com implantes, seja esta executada do modo que for.

### 3.3. Softwares de planeamento cirúrgico

Idealmente, o planeamento é executado em imagens tridimensionais.<sup>(21)</sup> Para cada marca de aparelho de TC ou de CBCT existe um software de suporte. No que concerne o planeamento de implantes, estão já há alguns anos também disponíveis softwares específicos (Figura 1). Estes permitem importar dados no formato *Digital Imaging and Communications in Medicine* (DICOM), obtidos pelos métodos imagiológicos e depois de uma reformatação, interagir com as imagens e importar diferentes implantes (marcas, modelos, diâmetros e comprimentos). O posicionamento dos implantes de forma virtual é maioritariamente executado de forma intuitiva, respeitando os princípios já mencionados, começando pela parte coronal até à região apical. Isto é realizado em imagens de secção cruzada, para se visualizar o osso cortical e trabeculado. A posição do implante é continuamente verificada em planos axiais, sagitais, secções panorâmicas e no modelo tridimensional virtual. Os softwares mais recentes, que não necessitam de recalcular, permitem a visualização simultânea dos três planos espaciais.<sup>(21,23)</sup>

Mesmo com o software de planejamento cirúrgico ideal, a transferência para o campo cirúrgico tem de demonstrar precisão clínica e médico-legal suficiente. Estão descritas na literatura várias opções que permitem fazer essa transferência: cirurgia guiada/assistida por computador estática e cirurgia guiada/assistida por computador dinâmica ou cirurgia de navegação por computador.<sup>(21)</sup>



**Figura 1:** Software de planejamento de implantes ilustrando o planejamento virtual. O software permite escolher o modelo de implante, alterar a sua posição e angulação e visualizá-lo nos 3 planos espaciais ou no modelo 3D (sem autorização do autor)<sup>(4)</sup>

### 3.4. Cirurgia guiada/assistida por computador estática

Na cirurgia guiada estática é usada uma guia cirúrgica estática para transferir a posição virtual do implante do software de planejamento para o campo cirúrgico. Estas guias são produzidas por tecnologia de CAD/CAM, tal como a estereolitografia, impressão 3D ou em laboratório utilizando dispositivos de posicionamento mecânicos ou dispositivos perfurantes.<sup>(21)</sup>

Especialmente em pacientes edêntulos, sem referências anatômicas, a utilização de guias cirúrgicas pode conferir benefícios significativos.<sup>(22)</sup>

### 3.4.1. Estereolitografia

A estereolitografia consiste na construção/impressão 3D de modelos sólidos em plástico, partindo de um modelo virtual, concebido utilizando um software específico. Tendo como ponto de partida uma TC, é possível criar réplicas de estruturas anatómicas (biomodelos), em tamanho real e com grande detalhe, que contenham todas as individualidades e especificidades de um paciente (deformações, fraturas e anormalidades). A sua utilização na área da saúde é já uma prática recorrente, especialmente na Cirurgia Maxilo-facial e na Medicina Dentária. Na primeira, é utilizada em situações de maior complexidade, que requerem estudo prévio, já que os biomodelos permitem ao cirurgião a observação direta da zona a intervir e o planeamento do procedimento em avanço. Em Medicina Dentária é utilizada especialmente na Implantologia, para a confeção de guias cirúrgicas e de biomodelos.<sup>(19)</sup>

Na implantologia proteticamente guiada, a posição ideal do dente é visualizada através de uma guia radiográfica e no planeamento combinam-se os aspetos anatómicos e protéticos para determinar a posição ideal do implante. Uma prótese convencional em resina tem uma densidade similar à dos tecidos adjacentes, sendo por isso impossível de diferenciar nas imagens de tomografia computadorizada. Desta forma, uma prótese radiográfica especial/guia radiográfica tem de ser preparada. O primeiro método consiste em preparar uma cópia da prótese do paciente numa resina radiopaca. Nesta opção, apenas tem de ser realizada uma digitalização com a prótese colocada em boca.<sup>(21)</sup>

A segunda opção consiste no método de dupla digitalização (paciente com a prótese radiográfica em boca e depois só a prótese), seguida de uma integração ou sobreposição das duas imagens. Neste caso, à prótese do paciente são adicionadas pequenas esferas de gutta percha (diâmetro  $\pm 1$  mm). Na primeira imagem (craniofacial) são visualizados os pontos de gutta isolados em relação ao osso, a prótese não é visível. Na segunda parte, a prótese é digitalizada à parte e os parâmetros de exposição são alterados, permitindo a sua visualização. Uma vez que os marcadores são visíveis em ambas as digitalizações, os modelos podem ser realinhados e fusionados. Desta forma vamos ter um modelo ósseo adequado, criado com a prótese *in situ* e um modelo

apenas da prótese com grande qualidade. Este método permite trabalhar os modelos individualmente e planejar apenas em osso e/ou na prótese.<sup>(19,21)</sup>

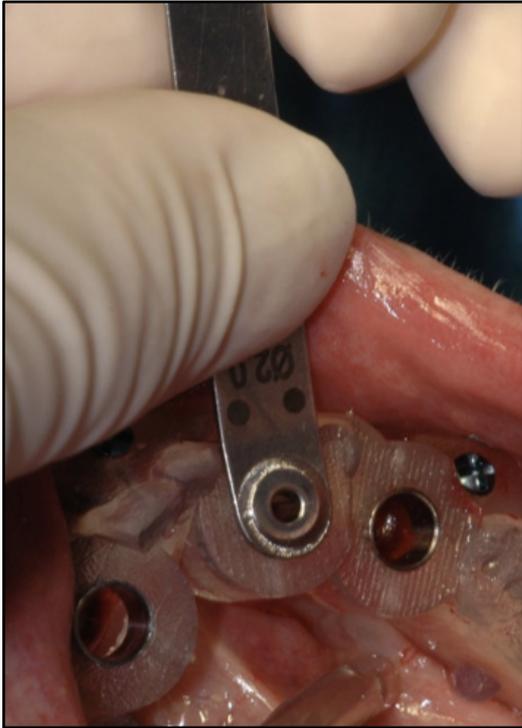
Independentemente do método utilizado, o correto posicionamento da prótese/guia radiográfica é muito importante. Assim, a utilização de um posicionador é altamente recomendável para estabilizar a prótese ou guia durante a digitalização. Uma adaptação ótima da prótese aos tecidos moles é crucial e devemos ter em atenção se não existe ar na interface. Isto é especialmente importante para guias mucosuportadas.<sup>(21)</sup>

As imagens DICOM são importadas para o software, os modelos fusionados através dos marcadores e o posicionamento e dimensões dos implantes determinados. Acabado o planeamento, este é enviado para o fabricante para a produção da guia usando estereolitografia.

A estereolitografia é um processo de manufatura aditiva que utiliza uma resina líquida fotopolimerizável por luz ultravioleta e um laser ultravioleta que cura a resina seletivamente, camada por camada, até se obter o objeto tridimensional desejado. Para cada camada, o laser traça um padrão em secção cruzada na superfície da resina líquida. A exposição à luz ultravioleta cura ou solidifica o padrão traçado na resina, que adere à camada anterior. Terminada uma camada, o objeto é baixado em uma altura de camada e uma espessura de resina líquida é aplicada. O padrão subsequente é traçado pelo laser nesta nova superfície, que adere à camada anterior. O processo é repetido até o objeto estar completo. Este é removido da máquina de estereolitografia e os suportes são cortados manualmente. No final de todo o processo temos a guia cirúrgica acabada com os orifícios que foram projetados virtualmente no local desejado.<sup>(20,21)</sup>

Antes da cirurgia, a guia é colocada em boca e avaliada. A posição correta da guia cirúrgica é garantida com o uso do posicionador. Este é usado para estabilizar a guia e permite a sua fixação com pequenos parafusos metálicos. Ao aplicar alguma pressão, os tecidos moles subjacentes devem ficar pálidos.

O processo de osteotomia envolve a utilização de cilindros metálicos (*drill keys*) que são inseridos nos orifícios da guia. Estes tubos irão guiar as brocas de diâmetros consecutivos na posição e angulações corretas. Diferentes cilindros com diâmetros sucessivos estão disponíveis para cada broca. Estes podem estar inseridos nas brocas ou ser desenhados com uma pega (Figura 2).

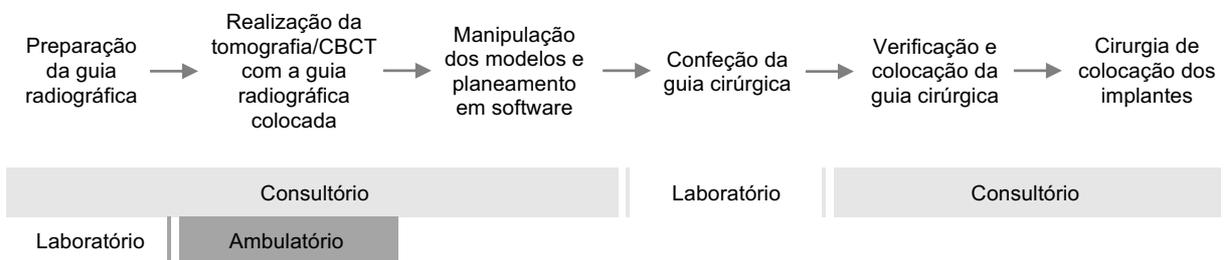


**Figura 2:** Guia estática posicionada em boca. Cilindro metálico (*drill key*), neste caso para uma broca de 2 mm, inserido no orifício da guia (sem autorização do autor)<sup>(21)</sup>

As brocas podem ter um *stop* ou batente visual ou físico. A tolerância das brocas dentro dos cilindros, dos cilindros nos orifícios ou do implante dentro destes podem explicar parte da inexatidão inerente à cirurgia guiada.<sup>(21)</sup>

Cirurgia guiada estática é difícil de executar quando o espaço interoclusal é limitado e por isso alguns sistemas têm tubos guia com aberturas laterais. Estas

permitem a entrada das brocas por lingual ou vestibular, reduzindo assim o espaço interoclusal necessário.<sup>(21)</sup>



**Figura 3:** Sequência de etapas da cirurgia guiada estática. Local de realização e alternativas

### 3.4.2. Laboratório

A guia cirúrgica pode também ser confeccionada no laboratório.<sup>(20)</sup> Utilizando um sistema mecânico a guia radiográfica ou a prótese do paciente pode ser transformada numa guia cirúrgica.

O médico dentista ou o técnico de prótese fazem uma prótese de estudo ou *mock-up* no modelo de estudo, que representa a prótese final. Após testes satisfatórios em boca, a prótese é duplicada em resina acrílica e depois serve de guia radiológica. De forma a ser visível no CBCT os dentes são produzidos numa

resina radiopaca. Um cubo pré-fabricado em resina acrílica é unido à prótese radiográfica na sua porção anterior, antes da tomografia computadorizada, para que quando colocada em boca, o cubo fique por fora, em frente ao lábio. Este cubo possui dois tubos em titânio em posições precisas. São realizadas as tomografias computadorizadas com a guia na boca do paciente e passam-se as imagens obtidas para o software de planeamento. Uma vez definidas as posições dos implantes, estas têm de ser transferidas para a guia radiográfica. Para tal, a guia é firmemente fixada a uma máquina de furar utilizando os tubos de titânio do cubo de resina. Estes tubos permitem fazer a calibração matemática entre a tomografia e a máquina, de forma a que as posições dos implantes possam ser perfuradas na guia com alta precisão e com o diâmetro desejado. De seguida o cubo é separado da guia e passamos assim a ter uma guia cirúrgica convencional. Tubos metálicos são inseridos nos orifícios criados pela máquina de perfurar. Para a osteotomia ou se preparam várias guias, com orifícios de diferentes diâmetros ou se utilizam os aros metálicos (*drill keys*).<sup>(21)</sup>

#### 3.4.3. Tipos de suporte das guias cirúrgicas

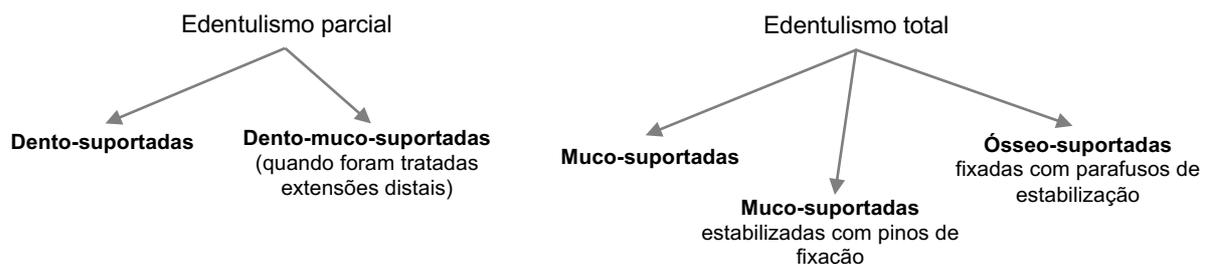
As guias cirúrgicas podem ser dento-suportadas, ósseo-suportadas ou muco-suportadas. A escolha do tipo de suporte está relacionada com o número de dentes remanescentes e com a necessidade/desejo de executar ou não um retalho.<sup>(21)</sup>

Inicialmente utilizavam-se guias ósseo-suportadas que eram colocadas sobre a crista alveolar, precedidas da abertura de um retalho e sem controlo da profundidade da osteotomia. O avanço da estereolitografia permitiu cirurgias *flapless* (sem retalho), através de guias muco-suportadas. Num estudo comparativo entre guias ósseo e muco suportadas<sup>(22)</sup> verificou-se uma redução estatisticamente significativa do tempo cirúrgico no grupo *flapless* em relação ao grupo com suporte ósseo e ao grupo controlo (abertura de retalho e osteotomia convencional). Esta redução prende-se com a ausência de fatores como a incisão, descolamento do retalho, determinação da localização do implante, controlo da profundidade das brocas e sutura. Da mesma forma, houve menor dor pós-operatória, menor toma de analgésicos, menor hemorragia e menos trismos, com diferenças estatisticamente significativas, entre o grupo *flapless* e

os outros, eventualmente devido ao maior tempo de intervenção. Num outro estudo<sup>(24)</sup>, o mesmo autor compara guias ósseo suportadas, com guias muco e dento-suportadas, avaliando os desvios angular e linear (no colo e ápice) entre o planeado e a posição final dos implantes. Embora tenham sido avaliadas guias fabricadas por duas empresas diferentes e estas apresentem diferenças estatisticamente significativas, os maiores desvios médios registaram-se para as guias ósseo-suportadas. Concomitantemente, verificou-se que o uso de uma guia única (dento ou muco-suportadas) é preferível à utilização de múltiplas guias (ósseo-suportadas) que vão sendo trocadas durante a cirurgia para cada diâmetro de broca. A fixação da guia com parafusos ou pinos é também recomendável, de forma a reduzir erros.<sup>(25)</sup>

Os scanners laser fornecem informação mais detalhada da topografia de superfície. A combinação desta tecnologia com a TC habitualmente utilizada no planeamento, irá permitir aumentar a precisão das guias cirúrgicas, possibilitando até outros tipos de suporte, como seja dento-ósseo-suportado ou dento-muco-suportado.<sup>(26)</sup>

As guias estáticas são na sua maioria fabricadas por rápida prototipagem por estereolitografia. O esquema seguinte pretende sintetizar as aplicações clínicas das diferentes guias.<sup>(25)</sup>



**Figura 4:** Aplicações clínicas das diferentes guias estáticas em relação ao suporte

#### 3.4.4. Resultados clínicos

Uma meta-análise do 6º consenso do ITI (*International Team for Implantology*) em 2018, analisou e comparou um universo de 2136 implantes em 460 pacientes, de diferentes estudos e autores, colocados com recurso a cirurgia

guiada estática.<sup>(25)</sup> A tabela I apresenta os erros/desvios médios de todos os estudos elegíveis, em pacientes edêntulos totais e parciais.

**Tabela I:** Erros/desvios médios entre a posição planeada e final de implantes colocados utilizando guias estáticas, em pacientes edêntulos parciais e totais<sup>(25)</sup>

	Erro lateral no ponto de entrada	Erro lateral no ápice	Desvio angular	Erro em altura no ponto de entrada	Erro em altura no ápice
Edêntulos parciais	0.9 mm CI: 95% [0.79-1.00]	1.2 mm CI: 95% [1.11-1.20 mm]	3.3° CI: 95% [2.07°-4.63°]	-	-
Edêntulos totais	1.3 mm CI: 95% [1.09-1.56 mm]	1.5 mm CI: 95% [1.29-1.62 mm]	3.3° CI: 95% [2.71°-3.88°]	-	-
Ambos (edêntulos totais e parciais)	1.2 mm CI: 95% [1.04-1.44 mm]	1.4 mm CI: 95% [1.28-1.58 mm]	3.5° CI: 95% [3.00°-3.96°]	0.2 mm CI: 95% [-0.25 a 0.57 mm]	0.5 mm CI: 95% [-0.08 a 1.13 mm]

Os tratamentos em edêntulos parciais apresentam maior precisão do que em edêntulos totais. As diferenças entre edêntulos parciais e totais foram estatisticamente significativas para o erro no ponto de entrada e no ápice. Apesar dos desvios médios estarem dentro dos limites aceitáveis clinicamente, alguns *outliners* significativos foram reportados.

Com a utilização de guias estáticas, o desvio linear é maior no ápice do que no colo do implante. Percebe-se por isto, que implantes longos apresentem maiores desvios apicais (estatisticamente significativos) do que implantes curtos.<sup>(24,27,28)</sup> Este dado pode ter importância clínica quando se colocam implantes longos em regiões anatomicamente comprometidas. *D'haese*<sup>(28)</sup> verificou uma tendência para haver mais desvio na região posterior da maxila. A qualidade do osso é um fator a considerar, já que osso menos denso, como tipicamente é o da região posterior da maxila, contribui para valores de desvio mais altos. No entanto, outros estudos não encontraram diferenças entre as regiões.<sup>(25)</sup> Um outro dado que deve ser levado em consideração, é a possibilidade de os pilares ou próteses, aquando de uma carga imediata, provocarem movimento do implante que ainda não foi osteointegrado.<sup>(25)</sup> Comparando cirurgia de implantes totalmente guiada, com parcialmente guiada (*half-guided*), em que nesta última se executa a osteotomia com a guia e depois remove-se para colocar o implante, foram obtidos valores de desvio menores

com cirurgia de implantes totalmente guiada.<sup>(29,30)</sup> No entanto, é de referir que quando se colocam implantes em regiões posteriores e em situações com limitada abertura de boca, o clínico pode ser forçado a remover a guia. Assim, a abertura máxima é um importante fator a considerar no planeamento.

Sistematicamente verificou-se que existe contacto entre a superfície do implante e os cilindros metálicos. Este atrito exige a utilização de valores de *torque* superiores ao normal, o que poderá danificar a cabeça do implante.<sup>(31)</sup>

Uma análise sistemática do mesmo consenso do ITI<sup>(32)</sup> que pretendia analisar morbilidade, custo e complicações cirúrgicas na utilização de cirurgia guiada estática verificou que poucos são os estudos disponíveis que avaliam estes parâmetros e os existentes apresentam frequentemente diferentes metodologias de avaliação, pelo que comparações diretas ou meta-análises são inviáveis. Ainda assim, o tempo gasto com o planeamento virtual são em média 145 minutos, contudo este resultado está apenas presente num estudo. Foram reportadas 12 complicações em 408 intervenções durante o procedimento, sendo estas, falta de estabilidade primária e fraturas da guia. De forma mais generalizada, observou-se dificuldade na colocação de próteses imediatas de arco completo. Ausência de mucosa queratinizada peri-implantar ocorreu em 20% das cirurgias sem retalho. Estes dados parecem ser negligenciáveis e comparáveis aos da cirurgia convencional. É importante referir que durante todos os passos da intervenção é fundamental uma atenção cuidada de forma a evitar estas e outras complicações.<sup>(31,33)</sup>

Em avaliações até 1 ano, verificou-se que não existiam diferenças significativas entre cirurgia convencional e guiada em relação à taxa de sucesso, complicações, perda de osso marginal, sondagem e HPS (hemorragia pós-sondagem).<sup>(30,34-37)</sup> Consequentemente, a cirurgia guiada estática poderá trazer benefício nos casos de pacientes edêntulos em que se execute cirurgia sem retalho, já que se concluiu que nestes, a dor pós-cirúrgica é menor.<sup>(32,34)</sup>

Apesar da pouca homogeneidade dos critérios de avaliação dos diferentes autores e do eventual custo-benefício ser pouco claro, a cirurgia guiada estática é uma metodologia de colocação de implantes com precisão e resultados aceitáveis. No entanto, erros consideráveis podem ocorrer. Assim, uma margem de segurança de pelo menos 2 mm deve ser respeitada e

considerada no planeamento, sendo também fundamental uma atenção cuidada durante todos os passos da intervenção, de forma a evitar complicações.<sup>(25,29,31,32)</sup>

#### 3.4.5. Vantagens

1. Permitem cirurgia sem retalho ou *flapless*;
2. A guia pode ser utilizada para fabricar a restauração fixa provisória pré-operatoriamente;
3. Os inconvenientes que possam advir na montagem, registo e calibração dos sistemas de navegação dinâmica são evitados;
4. Custo por paciente; Não implicam um investimento inicial elevado, ao contrário dos sistemas de navegação dinâmicos;<sup>(21,38)</sup>

#### 3.4.6. Desvantagens

1. Custo associado por paciente, ainda que reduzido;
2. Exige tempo de planeamento;
3. Não é possível alterar a posição do implante intra-operatoriamente. A guia criada virtualmente é limitante;
4. Difícil irrigação, o que aumenta o risco de necrose e de perda do implante;
5. Difícil de utilizar quando existe limitada abertura de boca ou em regiões posteriores;<sup>(4,38)</sup>
6. Não permite a utilização de determinadas técnicas, como a expansão da crista alveolar;
7. Referência tátil é perdida (a fricção entre os cilindros metálicos e as brocas ou o implante mascaram o verdadeiro *torque* aplicado);<sup>(23)</sup>

#### 3.4.7. Indicações

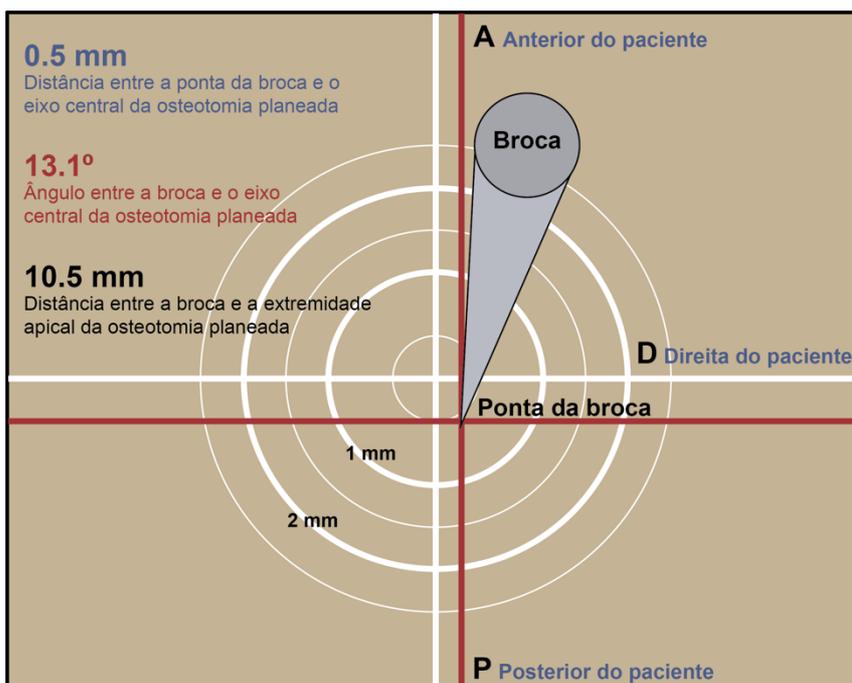
- Necessidade de cirurgia minimamente invasiva ou sem retalho;
- Quando se pretende um ótimo posicionamento do implante;
- Carga imediata;<sup>(34)</sup>

- Áreas de osso irregular, já que permitem um encaminhamento rígido das brocas;<sup>(21)</sup>

### 3.5. Cirurgia guiada/assistida por computador dinâmica ou navegação dinâmica

Na navegação dinâmica, a posição dos instrumentos na área cirúrgica é sobreposta às imagens do planeamento executado a partir da TC do indivíduo. Este sistema permite assim uma transferência em tempo real do planeamento pré-operatório e um *feedback* visual imediato.<sup>(21)</sup> Esta tecnologia introduz o conceito de realidade aumentada (AR – *augmented reality*), em que ao mundo real/campo operatório se sobrepõem informações adicionais de interesse.<sup>(20)</sup>

Os sistemas de navegação dinâmica rastreiam e monitorizam oticamente a posição da ponta da broca do implante e em software próprio, esta posição é mapeada num CBTC previamente adquirido. Quando a broca se aproxima do local determinado para o implante, é exibida uma imagem em forma de alvo ou cruz (Figura 5), que auxilia o cirurgião a navegar de forma precisa para a posição planeada de entrada da broca. Esta imagem permite controlar a angulação e a osteotomia até à profundidade planeada.<sup>(2,4,39,40)</sup>



**Figura 5:** Vista do alvo do sistema de navegação dinâmica, contendo toda a informação que o clínico necessita para guiar a osteotomia e o implante

Três passos são fundamentais no sistema dinâmico: registo, calibração e a monitorização.

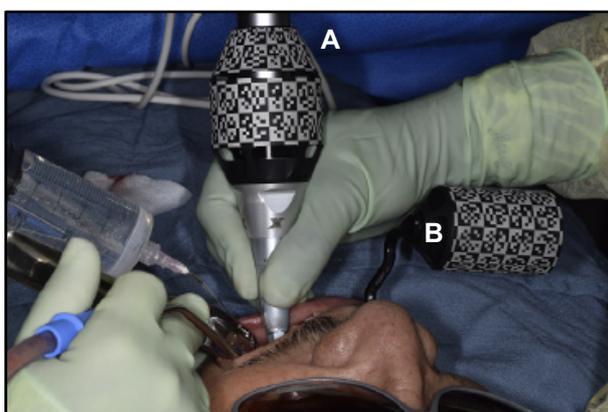
### 3.5.1. Sistemas de rastreamento

O rastreamento ótico poderá ser feito por dois sistemas distintos:

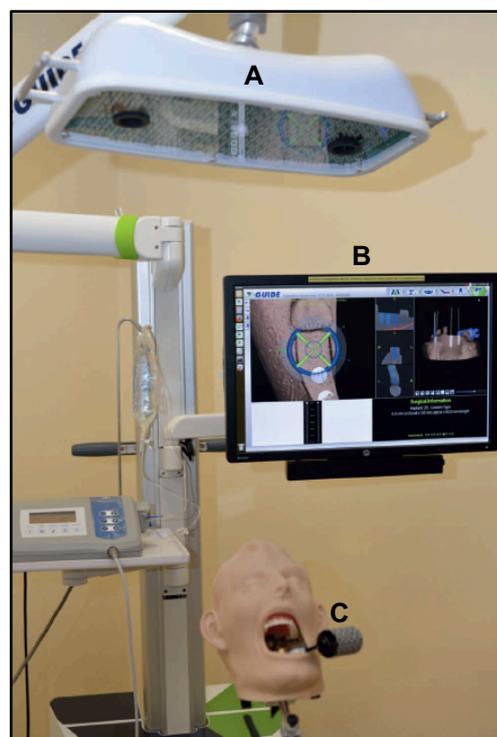
- Sistemas ativos – utilizam câmaras infravermelhas para detetar díodos emissores de luz;
- Sistemas passivos – contam com refletores, em vez de fontes de luz, para fazer o rastreamento dos instrumentos, eliminando assim a necessidade de baterias e cabos elétricos.<sup>(4)</sup>

No caso dos sistemas passivos, os elementos refletores são rastreados por um sensor ótico de posicionamento ou câmara estereoscópica. A exatidão do rastreamento ótico situa-se atualmente entre 0.1-0.4 mm.<sup>(21)</sup>

Dois refletores são continuamente triangulados pelo sensor: um é fixado no contra-ângulo (marcador de contra-ângulo) e o outro ao paciente (marcador de paciente),<sup>(40)</sup> os quais podem ser visualizados na Figura 7.



**Figura 6:** Processo de rastreamento com o marcador de contra-ângulo (A) e o marcador do paciente (B) (sem autorização do autor)<sup>(4)</sup>



**Figura 7:** Simulação da cirurgia em que se pode visualizar o paciente com a estrutura dinâmica de referência (A), o software (B) e a câmara estereoscópica (C) (sem autorização do autor)<sup>(39)</sup>

### 3.5.2. Registo imagem-paciente

Para que a navegação seja possível, as coordenadas espaciais do paciente têm de ser interligadas às coordenadas da sua imagem. Este processo designa-se por registo imagem-paciente. Vários métodos de registo estão disponíveis, incluindo registo por pontos, registo de superfície e registo híbrido. O registo por pontos é o método *standard* devido à elevada precisão e baixos erros de registo.<sup>(4)</sup> Os pontos de referência (*fiducial markers*) são a referência comum de posicionamento entre a digitalização por CBCT e a intervenção cirúrgica. O software calcula automaticamente algoritmos matemáticos para que o posicionamento seja reconhecido.<sup>(40)</sup>

O método mais preciso e por isso *gold standard* são marcadores ósseos (micro-parafusos), os quais são ancorados ao osso alveolar do paciente ou ao osso frontal. Estes marcadores são invasivos, necessitam de cirurgia adicional, podem infectar ou causar desconforto, assim, não devem permanecer por um período alargado de tempo. Habitualmente são removidos depois da cirurgia estar concluída, mas se interferirem com a colocação dos implantes podem ser removidos assim que o processo de calibração esteja concluído. Deste modo foram exploradas técnicas não invasivas. Guias cirúrgicas dento-suportadas podem ser fornecidas com pontos de referência e servir como guias de registo. Em alternativa, estruturas de registo externas (que rodeiam a mandíbula com marcadores) podem ser montadas numa guia radiológica ou numa goteira termoformada. Sob condições ideais, guias de registo ou estruturas de registo externas podem proporcionar precisão similar aos marcadores ósseos, com erros de registos médios de 0,93-0,94 mm para todos os três métodos. No entanto, as guias de registo requerem um procedimento de reposicionamento e podem-se perder ou ficar desajustadas. Em pacientes edêntulos, a resiliência da mucosa oral impede o posicionamento estável e invariante das guias de registo ou das estruturas externas de registo. O problema pode ser resolvido fixando a guia ao osso subjacente.<sup>(21)</sup>

Atualmente os sistemas utilizam algo semelhante a uma goteira termoformada, à qual é fixa uma placa de rastreamento do paciente (*patient tracking array*) que contém os pontos de referência. Com este conjunto em boca executa-se o CBCT. No momento cirúrgico, após a calibração, coloca-se o marcador do

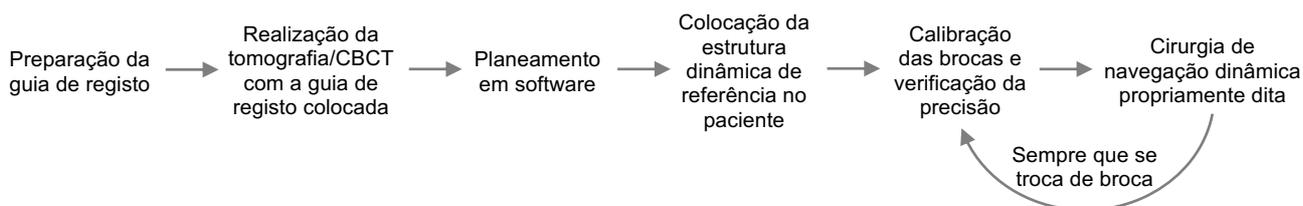
paciente, que é preso com um parafuso a esta estrutura. Todo o conjunto designa-se agora por estrutura dinâmica de referência (*dynamic reference frame*) e através dele o sistema irá reconhecer as coordenadas do paciente.<sup>(21,40)</sup>

O registo é crucial e um passo crítico na navegação, já que um registo impróprio irá comprometer todo o fluxo de trabalho e levar a imprecisões dos resultados finais.<sup>(21,39,40)</sup>

### 3.5.3. Calibração e Navegação cirúrgica

Antes de iniciar a cirurgia é necessário calibrar o sistema. Assim, cada broca de osteotomia é calibrada individualmente antes da sua utilização, seguido de um teste de precisão (tocando num dente, por exemplo) antes da perfuração. A cada mudança de tamanho ou diâmetro de broca, a calibração e verificações são repetidas.

Depois da calibração, o sistema de navegação está pronto a ser utilizado. As brocas cirúrgicas rastreadas e a estrutura dinâmica de referência têm de ser continuamente registadas pela câmara estereoscópica. A contínua visualização das imagens planeadas num ecrã de computador ou num *head-mounted display* (dispositivo montado na cabeça) permitem acompanhar o trajeto do implante e encaminhá-lo para a localização desejada. O operador dispõe de vistas axiais, coronais e sagitais, em tempo real, à medida que o caso progride. O software de navegação indica a precisão de posicionamento das brocas e a sua angulação, mas a osteotomia propriamente dita, continua a depender das habilidades manuais do cirurgião. Erros podem surgir em qualquer altura do fluxo de trabalho e comprometer as etapas subsequentes.<sup>(21,40)</sup>



**Figura 8:** Sequência de etapas da navegação dinâmica

#### 3.5.4. Vantagens

1. Pode-se realizar a tomografia, elaborar o planeamento e executar a cirurgia no mesmo dia;
2. O planeamento pode ser alterado durante a cirurgia se a situação clínica ditar essa alteração;
3. Todo o campo operatório pode ser constantemente visualizado, incluindo dentes adjacentes ou estruturas vitais, garantindo máxima segurança;
4. A precisão pode ser verificada e validada continuamente;
5. Permite utilizar um kit cirúrgico universal para qualquer sistema de implantes;
6. Em relação à cirurgia guiada estática, não tem nenhuma guia a obstruir o campo operatório;
7. Custo de construção de uma guia estática é eliminado;
8. Métodos com mínima incisão também podem ser utilizados, diminuindo a morbidade na colocação de implantes;
9. Todo o processo é controlado pelo clínico não ficando dependente de erros externos cometidos no fabrico das guias estáticas;
10. Livre irrigação das brocas;
11. Não há contacto das brocas, nem do implante nos cilindros, como acontece nas guias estáticas; <sup>(4,38-40)</sup>

#### 3.5.5. Desvantagens

1. Curva de aprendizagem variável;
2. Software requiere uma calibração precisa;
3. Placa de registo pode criar dificuldades se estiver solta ou desajustada, tal como em pacientes edêntulos, por exemplo;
4. Implica um investimento inicial considerável; <sup>(4,38)</sup>

#### 3.5.6. Indicações

A navegação dinâmica tem grande utilidade em determinados casos. Como por exemplo, em casos com:

- Limitada abertura da boca, onde não é possível utilizar guias estáticas volumosas;
- Má visualização do campo operatório;
- Espaços interdentários estreitos que impossibilitam a utilização dos cilindros metálicos das guias CAD-CAM;
- Implantes distais que são excluídos das guias estáticas CAD/CAM pela excessiva altura;
- Incapacidade de tirar impressões por reflexo de vômito exacerbado;<sup>(4,39)</sup>

### 3.5.7. Head-mounted display

Um *head-mounted display* (HMD) é um dispositivo que é utilizado na cabeça e que segura dois pequenos ecrãs em frente aos olhos do utilizador (Figura 9). Esta tecnologia permite a perceção simultânea do campo operatório e dos instrumentos do sistema de navegação, já que ambos aparecem diretamente no campo de visão do cirurgião. Outra vantagem é o facto de permitir a livre movimentação do operador para uma posição mais favorável, sem que este deixe de ter visibilidade das instruções de navegação. No estudo de Vigh *et al*<sup>(41)</sup> pretendeu-se comparar a precisão do sistema de navegação utilizando um HMD ou um monitor como dispositivo de visualização. Os resultados demonstraram não haver diferenças significativas entre os dois sistemas. Por outro lado, os resultados variaram maioritariamente entre utilizadores diferentes, provando que a destreza e habilidades pessoais são cruciais.

Entende-se assim que a eventual escolha de utilização deste aparelho ficará a cargo do utilizador, como uma preferência pessoal. Este deve considerar as vantagens (maior flexibilidade) e as desvantagens (custo de aquisição e fadiga) e tomar a opção que lhe seja mais favorável.



**Figura 9:** Dispositivo de *head-mounted display* (sem autorização do autor)<sup>(41)</sup>

### 3.5.8. Fabrico de guias cirúrgicas utilizando sistemas de navegação

Os sistemas de navegação cirúrgica podem também ser utilizados no fabrico de guias cirúrgicas. Para tal, a estrutura dinâmica de referência é montada numa placa base, em laboratório e o procedimento de navegação realizado nos modelos em gesso do paciente. Posteriormente, inserem-se os cilindros guia nos orifícios que foram efetuados dentro dos modelos e estes são fixados a uma guia em resina.<sup>(21)</sup>

### 3.6. Comparação dos diferentes sistemas de cirurgia guiada

Os resultados de um estudo em modelos que pretendia avaliar a precisão de diferentes sistemas utilizados para realizar osteotomia implantar são apresentados na tabela II.<sup>(42)</sup>

**Tabela II:** Erros/desvios entre a posição planeada e final de implantes colocados utilizando diferentes metodologias cirúrgicas (média  $\pm$  desvio-padrão, [min.-max.])<sup>(42)</sup>

	Erro lateral no ponto de entrada	Erro lateral no ápice	Desvio angular	Erro vertical no ápice
Guias acrílicas de laboratório para broca piloto e depois <i>freehand</i>	1.14 mm $\pm$ 0.68 (0.02-4.95)	1.74 mm $\pm$ 1.07 (0.04-5.95)	8.95° $\pm$ 4.65 (0.33-20.79)	0.73 mm $\pm$ 0.71 (0.00-3.40)
Straumann Guided Surgery	0.9 mm $\pm$ 0.48 (0.05-4.66)	1.19 mm $\pm$ 0.62 (0.09-4.78)	3.31° $\pm$ 1.86 (0.20-12.52)	1.05 mm $\pm$ 0.86 (0.00-4.81)
Simplant SurgiGuide	0.76 mm $\pm$ 0.54 (0.02-2.92)	0.99 mm $\pm$ 0.64 (0.07-3.36)	3.09° $\pm$ 1.9 (0.16-14.58)	1.1 mm $\pm$ 0.79 (0.00-2.98)
NobelGuide	0.81 mm $\pm$ 0.55 (0.05-4.31)	1.24 mm $\pm$ 0.8 (0.02-5.99)	4.24° $\pm$ 2.66 (0.09-17.05)	1.27 mm $\pm$ 0.86 (0.00-4.06)
Sistema de Cirurgia Assistida por Computador Dinâmica	1.14 mm $\pm$ 0.55 (0.04-3.64)	1.18 mm $\pm$ 0.56 (0.05-3.19)	2.99° $\pm$ 1.68 (0.14-11.94)	1.04 mm $\pm$ 0.71 (0.00-3.34)

As diferenças entre o método que utilizou guias de laboratório para a 1ª broca (broca piloto) seguido de cirurgia *freehand* e os restantes métodos de cirurgia guiada/assistida por computador, foram significativas para todos os

desvios testados. O método das guias de laboratório foi o menos preciso em todas as análises, exceto para a profundidade (erro vertical no ápice), onde demonstrou ser o método com menos desvios e por isso o mais preciso. O método de navegação dinâmica demonstrou ter precisão comparável aos sistemas estáticos, considerando valores médios. O que está de acordo com outros estudos semelhantes.<sup>(43)</sup> No entanto, a seguir à guia de laboratório, foi o método com maior desvio lateral no ponto de entrada. As guias estáticas com seus orifícios metálicos permitem um maior controle e encaminhamento rígido das brocas de osteotomia<sup>(21)</sup>, o que se pode demonstrar vantajoso em áreas de osso irregular e especialmente importante nesta medição no ponto de entrada, explicando porventura o melhor desempenho neste local.

Resultados estatisticamente significativos demonstraram que a cirurgia guiada por computador é mais precisa do que o método convencional (*freehand*).<sup>(9,30,44-46)</sup> Um largo estudo coorte prospectivo demonstrou que implantes colocados pelo método convencional, quando comparados com a utilização de navegação parcial ou totalmente guiada, apresentam desvios maiores em relação ao planeado.<sup>(1)</sup> Além de tudo o que já foi dito, uma vantagem evidente e bastante atual do aumento de precisão, é a possibilidade de utilização de estruturas pré-confeccionadas, antes da cirurgia, para realizar carga imediata.<sup>(33,35,47)</sup>

Relativamente aos profissionais, não se encontraram diferenças estatisticamente significativas entre operadores experientes e não experientes, desde que todos os passos do procedimento sejam supervisionados por médicos dentistas experientes.<sup>(48)</sup> No entanto, os desvios verticais dos operadores não experientes foram quase o dobro do que dos experientes.<sup>(49)</sup>

A formação disponível para aprender a trabalhar com os *softwares* e restante equipamentos é escassa, habitualmente apenas oferecida pelos fabricantes e insuficiente para o correto manuseamento dos mesmos. Mais estudos comparativos e meta-análises são necessários, especialmente em relação à navegação dinâmica, já que é a tecnologia mais recente e que tem menos evidencia científica.

## 4. CONCLUSÃO

A técnica guiada na colocação de implantes, é uma alternativa viável à cirurgia convencional e apresenta maior precisão, de forma geral, do que os métodos convencionais. No entanto, em termos verticais, de controlo de profundidade, o método convencional parece ser ainda o que apresenta melhores resultados. Os sistemas dinâmicos, assim como os estáticos apresentam um erro médio  $< 2$  mm e  $5^\circ$ . Posto isto, esta deverá ser a margem de segurança mínima a respeitar quando se utilizam estes sistemas.

Em relação ao pós-operatório, poucos são os estudos disponíveis que avaliam este parâmetro, mas até então não se atestam diferenças em relação ao método convencional, exceto quando se realiza cirurgia sem retalho, onde parece que a dor pós-operatória é menor.

Embora apresentem resultados de precisão semelhantes, cada uma possui vantagens e desvantagens específicas, que devem ser tomadas em consideração na escolha do tipo de cirurgia guiada a realizar. À medida que a experiência e o número de casos aumenta, a navegação dinâmica poderá demonstrar-se vantajosa devido ao benefício de tempo e custo.

Apesar da curva de aprendizagem associada à utilização de um novo sistema, a tecnologia adiciona precisão e eficiência de tempo, beneficiando os resultados cirúrgicos do paciente. Por se tratar de um tema atual ainda não existem muitos estudos com longos períodos de controlo, nem com nível elevado de evidência científica.



## REFERÊNCIAS

1. Bell RB. Computer Planning and Intraoperative Navigation in Cranio-Maxillofacial Surgery. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am.* 2010 Feb 1;22(1):135–56.
2. Ewers R, Schicho K, Undt G, Wanschitz F, Truppe M, Seemann R, et al. Basic research and 12 years of clinical experience in computer-assisted navigation technology: a review. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2005 Jan 1;34(1):1–8.
3. Casap N, Wexler A, Eliashar R. Computerized Navigation for Surgery of the Lower Jaw: Comparison of 2 Navigation Systems. *J Oral Maxillofac Surg.* 2008 Jul 1;66(7):1467–75.
4. Landaeta-Quinones CG, Hernandez N, Zarroug NK. Computer-Assisted Surgery: Applications in Dentistry and Oral and Maxillofacial Surgery. *Dent Clin North Am.* 2018 Jul 1;62(3):403–20.
5. Berger M, Nova I, Kallus S, Ristow O, Freudlsperger C, Eisenmann U, et al. Can electromagnetic-navigated maxillary positioning replace occlusional splints in orthognathic surgery? A clinical pilot study. *J Cranio-Maxillofacial Surg.* 2017 Oct 1;45(10):1593–9.
6. Nowinski D, Messo E, Hedlund A, Hirsch J-M. Computer-Navigated Contouring of Craniofacial Fibrous Dysplasia Involving the Orbit. *J Craniofac Surg.* 2011 Mar;22(2):469–72.
7. Gordon CR, Murphy RJ, Coon D, Basafa E, Otake Y, Al Rakan M, et al. Preliminary Development of a Workstation for Craniomaxillofacial Surgical Procedures. *J Craniofac Surg.* 2014 Jan;25(1):273–83.
8. Schlissel ER. Computer-Assisted Implant Surgery. *Curr Ther Oral Maxillofac Surg.* 2012 Jan 1;194–202.
9. Kramer F-J, Baethge C, Swennen G, Rosahl S. Navigated vs. conventional implant insertion for maxillary single tooth replacement. *Clin Oral Implants Res.* 2005 Feb 19;16(1):60–8.
10. Schirotti G, Angiero F, Silvestrini-Biavati A, Benedicenti S. Zygomatic Implant Placement With Flapless Computer-Guided Surgery: A Proposed Clinical Protocol. *J Oral Maxillofac Surg.* 2011 Dec;69(12):2979–89.
11. Balshi T, Wolfinger G, Balshi S. Using computer-guided surgery for partial guidance of zygoma implants. *Compend Contin Educ Dent.* 2012 Oct;33(9):682–4, 686, 688–9.
12. De Stavola L, Fincato A, Bressan E, Gobbato L. Results of Computer-Guided Bone Block Harvesting from the Mandible: A Case Series. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2017 Jan;37(1):e111–9.
13. De Stavola L, Fincato A, Albiero A. A Computer-Guided Bone Block Harvesting Procedure: A Proof-of-Principle Case Report and Technical Notes. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2015 Nov;30(6):1409–13.
14. Milano F, Dibart S, Montesani L, Guerra L. Computer-Guided Surgery Using the

- Piezocision Technique. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2014 Jul;34(4):523–9.
15. Cassetta M, Ivani M. The accuracy of computer-guided piezocision: a prospective clinical pilot study. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2017 Jun 1;46(6):756–65.
  16. Lopez MA, Andreasi Bassi M, Confalone L, Lico S, Carinci F. CRESTAL SINUS LIFT USING A FLUIDO-DYNAMIC COMPUTER GUIDED PRECISE AND ATRAUMATIC TECHNIQUE. *J Biol Regul Homeost Agents*. 29(3 Suppl 1):67–73.
  17. Lopez MA, Lico S, Casale M, Ormanier Z, Carinci F. The use of various biomaterials in computer-guided crestal sinus lift procedures. A report on two case studies with volume comparison. *Oral Implantol (Rome)*. 2016;9(2):89–97.
  18. Ohba S, Yoshimura H, Ishimaru K, Awara K, Sano K. Application of a real-time three-dimensional navigation system to various oral and maxillofacial surgical procedures. *Odontology*. 2015 Sep 9;103(3):360–6.
  19. Talwar RM, Chemaly D. Information and Computer Technology in Oral and Maxillofacial Surgery. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am*. 2008 Feb 1;20(1):79–89.
  20. Azari A, Nikzad S. Computer-assisted implantology: historical background and potential outcomes—a review. *Int J Med Robot Comput Assist Surg*. 2008 Jun;4(2):95–104.
  21. Vercruyssen M, Fortin T, Widmann G, Jacobs R, Quirynen M. Different techniques of static/dynamic guided implant surgery: modalities and indications. *Periodontol 2000*. 2014 Oct;66(1):214–27.
  22. Arisan V, Karabuda CZ, Özdemir T. Implant surgery using bone- and mucosa-supported stereolithographic guides in totally edentulous jaws: surgical and post-operative outcomes of computer-aided vs. standard techniques. *Clin Oral Implants Res*. 2010 May;21(9):no-no.
  23. Rubio Serrano M, Albalat Estela S, Peñarrocha Diago M, Peñarrocha Diago M. Software applied to oral implantology: update. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2008 Oct 1;13(10):E661-5.
  24. Arisan V, Karabuda ZC, Özdemir T. Accuracy of Two Stereolithographic Guide Systems for Computer-Aided Implant Placement: A Computed Tomography-Based Clinical Comparative Study. *J Periodontol*. 2010 Jan;81(1):43–51.
  25. Tahmaseb A, Wu V, Wismeijer D, Coucke W, Evans C. The accuracy of static computer-aided implant surgery: A systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Implants Res*. 2018 Oct;29:416–35.
  26. Chen X, Yuan J, Wang C, Huang Y, Kang L. Modular Preoperative Planning Software for Computer-Aided Oral Implantology and the Application of a Novel Stereolithographic Template: A Pilot Study. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2009 Jun;12(3):181–93.
  27. Giacomo GAP Di, Cury PR, Araujo NS de, Sendyk WR, Sendyk CL. Clinical Application of Stereolithographic Surgical Guides for Implant Placement: Preliminary Results. *J Periodontol*. 2005 Apr;76(4):503–7.

28. D'haese J, Van De Velde T, Elaut L, De Bruyn H. A Prospective Study on the Accuracy of Mucosally Supported Stereolithographic Surgical Guides in Fully Edentulous Maxillae. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2012 Apr;14(2):293–303.
29. Bover-Ramos F, Viña-Almunia J, Cervera-Ballester J, Peñarrocha-Diago M, García-Mira B. Accuracy of Implant Placement with Computer-Guided Surgery: A Systematic Review and Meta-Analysis Comparing Cadaver, Clinical, and In Vitro Studies. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2018 Jan;33(1):101–15.
30. Pozzi A, Polizzi G, Moy PK. Guided surgery with tooth-supported templates for single missing teeth: A critical review. *Eur J Oral Implantol*. 2016;9 Suppl 1:S135-53.
31. Cassetta M, Stefanelli LV, Giansanti M, Di Mambro A, Calasso S. Depth deviation and occurrence of early surgical complications or unexpected events using a single stereolithographic surgi-guide. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2011 Dec 1;40(12):1377–87.
32. Joda T, Derksen W, Wittneben JG, Kuehl S. Static computer-aided implant surgery (s-CAIS) analysing patient-reported outcome measures (PROMs), economics and surgical complications: A systematic review. *Clin Oral Implants Res*. 2018 Oct;29 Suppl 1:359–73.
33. Moraschini V, Velloso G, Luz D, Porto Barboza E. Implant survival rates, marginal bone level changes, and complications in full-mouth rehabilitation with flapless computer-guided surgery: a systematic review and meta-analysis. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2015 Jul 1;44(7):892–901.
34. Colombo M, Mangano C, Mijiritsky E, Krebs M, Hauschild U, Fortin T. Clinical applications and effectiveness of guided implant surgery: a critical review based on randomized controlled trials. *BMC Oral Health*. 2017 Dec;17(1):150.
35. van Steenberghe D, Glauser R, Blomback 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*. 2005;7 Suppl 1:S111-20.
36. Danza M, Zollino I, Carinci F. Comparison Between Implants Inserted With and Without Computer Planning and Custom Model Coordination. *J Craniofac Surg*. 2009 Jul;20(4):1086–92.
37. Danza M, Carinci F. Flapless surgery and immediately loaded implants: a retrospective comparison between implantation with and without computer-assisted planned surgical stent. *Stomatologija*. 2010;12(2):35–41.
38. Block MS, Emery RW. Static or Dynamic Navigation for Implant Placement—Choosing the Method of Guidance. *J Oral Maxillofac Surg*. 2016 Feb;74(2):269–77.
39. Emery RW, Merritt SA, Lank K, Gibbs JD. Accuracy of Dynamic Navigation for Dental Implant Placement—Model-Based Evaluation. *J Oral Implantol*. 2016 Oct;42(5):399–405.
40. Mandelaris GA, Stefanelli L V, DeGroot BS. Dynamic Navigation for Surgical

- Implant Placement: Overview of Technology, Key Concepts, and a Case Report  
Dynamic Navigation for Surgical Implant Placement: Overview of Technology, Key Concepts, and a Case Report. *Compend Contin Educ Dent*. 2018 Oct;39(9):614–621; quiz 622.
41. Vigh B, Müller S, Ristow O, Deppe H, Holdstock S, den Hollander J, et al. The use of a head-mounted display in oral implantology: a feasibility study. *Int J Comput Assist Radiol Surg*. 2014 Jan 20;9(1):71–8.
  42. Somogyi-Ganss E, Holmes HI, Jokstad A. Accuracy of a novel prototype dynamic computer-assisted surgery system. *Clin Oral Implants Res*. 2015 Aug;26(8):882–90.
  43. Ruppin J, Popovic A, Strauss M, Spüntrup E, Steiner A, Stoll C. Evaluation of the accuracy of three different computer-aided surgery systems in dental implantology: optical tracking vs. stereolithographic splint systems. *Clin Oral Implants Res*. 2008 Jul;19(7):709–16.
  44. Noharet R, Pettersson A, Bourgeois D. Accuracy of implant placement in the posterior maxilla as related to 2 types of surgical guides: A pilot study in the human cadaver. *J Prosthet Dent*. 2014 Sep 1;112(3):526–32.
  45. Chen Z, Li J, Sinjab K, Mendonca G, Yu H, Wang H-L. Accuracy of flapless immediate implant placement in anterior maxilla using computer-assisted versus freehand surgery: A cadaver study. *Clin Oral Implants Res*. 2018 Dec;29(12):1186–94.
  46. Arisan V, Karabuda CZ, Mumcu E, Özdemir T. Implant Positioning Errors in Freehand and Computer-Aided Placement Methods: A Single-Blind Clinical Comparative Study. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2013;28(1):190–204.
  47. Casap N, Laviv A, Wexler A. Computerized Navigation for Immediate Loading of Dental Implants With a Prefabricated Metal Frame: A Feasibility Study. *J Oral Maxillofac Surg*. 2011 Feb;69(2):512–9.
  48. Van de Wiele G, Teughels W, Vercruyssen M, Coucke W, Temmerman A, Quirynen M. The accuracy of guided surgery via mucosa-supported stereolithographic surgical templates in the hands of surgeons with little experience. *Clin Oral Implants Res*. 2015 Dec;26(12):1489–94.
  49. Rungcharassaeng K, Caruso JM, Kan JYK, Schutyser F, Boumans T. Accuracy of computer-guided surgery: A comparison of operator experience. *J Prosthet Dent*. 2015 Sep 1;114(3):407–13.

# ANEXOS



## **DECLARAÇÃO**

### **Monografia de Investigação**

Declaro, que o presente trabalho, no âmbito da Monografia de Investigação, integrado no Mestrado Integrado em Medicina Dentária da FMDUP, é da minha autoria e todas as fontes foram devidamente referenciadas.

Porto, 24 de Maio de 2019

  
Nuno Carvalho Sarmento de Meneses



## **PARECER**

Declaro que o Trabalho de Monografia desenvolvido pelo estudante Nuno Carvalho Sarmento de Meneses, do 5º ano do Curso de Mestrado Integrado em Medicina Dentária da FMDUP, subordinado ao tema: “Cirurgia Oral Guiada”, se encontra de acordo com as regras estipuladas pela Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto.

Mais informo que o referido trabalho, foi por mim conferido e se encontra em condições de ser apresentado em provas públicas.

Porto, 24 de Maio de 2019

A Orientadora



**Inês Guerra Pereira**

(Professora Auxiliar Convidada)