



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**EXPANSÃO ÓSSEA ALVEOLAR RECORRENDO À TÉCNICA DE
OSSEODENSIFICAÇÃO**

Trabalho submetido por
Miguel Cintado Santos Ponces Bandeira
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

setembro de 2022



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**EXPANSÃO ÓSSEA ALVEOLAR RECORRENDO À TÉCNICA DE
OSSEODENSIFICAÇÃO**

Trabalho submetido por
Miguel Cintado Santos Ponces Bandeira
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalho orientado por
Prof. Doutor Nuno Laranjeira

setembro de 2022

Para a minha Vó Saia e o meu Vô Ico

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Doutor Nuno Laranjeira por ter contribuído na realização deste trabalho.

Ao Instituto Universitário Egas Moniz, ao corpo docente, aos funcionários, a todos os meus colegas de curso e ao meu colega de box, um obrigado. Certamente não serão esquecidos.

A todos aqueles com quem me cruzei no Núcleo de Estudantes de Medicina Dentária e na Associação Nacional de Estudantes de Medicina Dentária, obrigado pelo voto de confiança, mas também, pela partilha de conhecimentos, pelos momentos sérios, e, pelos momentos de folia. Guardarei, agora, essas recordações com um sorriso bem rasgado.

Agradeço à TinTuna, Tuna Académica da Egas Moniz, e a todos os meus irmãos de capa, pelo espírito de entreajuda e por todos os episódios, aventuras e palcos que pisámos de norte a sul. Um obrigado é diminuto.

A mi abuela, Mely, te agradezco por tu cariño. Te quiero.

Aos meus irmãos, Rita e Daniel, por serem um exemplo e uma inspiração. Por demonstrarem que os sonhos são alcançáveis e não meras ideias. Obrigado pela vossa amizade.

Aos meus pais, Sílvia e João, obrigado por me formarem enquanto pessoa e por acreditarem em mim. Obrigado pela vossa palavra amiga e pelo vosso amor.

RESUMO

Objetivo: averiguar a evidência existente relativa à osseodensificação como técnica de expansão óssea.

Materiais e Métodos: a pesquisa bibliográfica foi efetuada sem limitação do idioma abrangendo publicações entre 2017 e agosto de 2022, últimos cinco anos, e com recurso ao operador booleano “AND” na Cochrane Library, Google Scholar, PubMed-Medline, ResearchGate e ScienceDirect. Apenas estudos realizados em humanos, e, com o intuito de investigar a capacidade de expansão óssea alveolar mediante a técnica proposta, incluindo aqueles que compararam o aumento da dimensão horizontal através da osseodensificação com outras técnicas de preparação do leito implantar foram considerados elegíveis para esta revisão narrativa.

Resultados: oito artigos foram selecionados, destes, cinco artigos concentraram-se unicamente na osseodensificação como técnica de expansão óssea e três compararam a osseodensificação com outras técnicas. Quatro estudos avaliaram o grau de expansão no osso maxilar e no osso mandibular, três estudos avaliaram o mesmo efeito no osso maxilar e somente um avaliou no osso mandibular. Dos oito artigos incluídos, um artigo comparativo não integrou valores médios de expansão óssea, dois obtiveram resultados de expansão positivos e os restantes confirmaram resultados estatisticamente significativos entre o valor pré-expansão e pós-expansão, sendo estes, inferiores ao nível de significância proposto de $P < 0.05$.

Conclusões: é possível afirmar que existe um aumento da dimensão horizontal do rebordo alveolar após executar o protocolo de perfuração não subtrativo. Contudo, mais estudos clínicos retrospectivos e prospetivos detalhados seriam interessantes para confirmar a consistência dos resultados expostos nesta revisão, assim como, acrescentar nova informação, como por exemplo: qual o valor médio de expansão previsível de alcançar num rebordo alveolar com “x” milímetros de espessura e “y” unidades Hounsfield através da técnica de osseodensificação.

Palavras-chave: osseodensificação; expansão; rebordo; alveolar.

ABSTRACT

Aim: to investigate the existing evidence regarding osseodensification as a technique for bone expansion.

Material & Methods: the literature search was performed without language limitation covering publications between 2017 and August 2022, last five years, using the boolean operator "*AND*" in the Cochrane Library, Google Scholar, PubMed-Medline, ResearchGate and ScienceDirect. Only studies performed in humans to investigate the capacity of alveolar bone expansion using the proposed technique, including those that compared the increase in horizontal dimension by osseodensification with other implant bed preparation techniques, were considered eligible for this narrative review.

Results: eight articles were selected, of these, five articles focused solely on osseodensification as a bone expansion technique and three compared the osseodensification with other techniques. Four studies evaluated the degree of expansion in the maxillary bone and mandibular bone, three studies evaluated the same effect in the maxillary bone and only one evaluated in the mandibular bone. Of the eight articles included, one comparative article did not integrate mean bone expansion values, two obtained positive expansion results and the rest confirmed statistically significant results between pre-expansion and post-expansion values, which were lower than the proposed significance level of $P < 0.05$.

Conclusion: it is possible to state that there is an increase in the horizontal dimension of the alveolar ridge after performing the non-subtractive drilling protocol. However, further detailed retrospective and prospective clinical studies would be interesting to confirm the consistency of the results presented in this review, as well as to add new information, such as: what is the mean value of expansion expected to be achieved in an alveolar ridge with "x" millimeters thickness and "y" Hounsfield units by the osseodensification technique.

Keywords: osseodensification; expansion; ridge; alveolar.

RESUMEN

Objetivo: investigar las pruebas existentes sobre la oseodensificación como técnica de expansión ósea.

Materiales y Métodos: la búsqueda bibliográfica se realizó sin limitación del idioma abarcando publicaciones entre 2017 y agosto de 2022, últimos cinco años, utilizando el operador booleano "AND" en la Cochrane Library, Google Scholar, PubMed-Medline, ResearchGate y ScienceDirect. Solamente se consideraron elegibles para esta revisión narrativa los estudios realizados en humanos para investigar la capacidad de expansión del hueso alveolar mediante la técnica propuesta, incluidos los que comparaban el aumento de la dimensión horizontal por oseodensificación con otras técnicas de preparación del lecho implantario.

Resultados: se seleccionaron ocho artículos, cinco de los cuales se centraron exclusivamente en la oseodensificación como técnica de expansión ósea y tres compararon la oseodensificación con otras técnicas. Cuatro estudios evaluaron el grado de expansión en el hueso maxilar y en el hueso mandibular, tres estudios evaluaron el mismo efecto en el hueso maxilar y sólo uno evaluó en el hueso mandibular. De los ocho artículos incluidos, un artículo comparativo no integró valores medios de expansión ósea, dos obtuvieron resultados positivos de expansión y los demás confirmaron resultados estadísticamente significativos entre los valores previos y posteriores a la expansión, que fueron inferiores al nivel de significación propuesto de $P < 0.05$.

Conclusiones: es posible afirmar que existe un aumento de la dimensión horizontal de la cresta alveolar después de realizar el protocolo de fresado no sustractivo. Sin embargo, sería interesante realizar más estudios clínicos detallados, retrospectivos y prospectivos, para confirmar la consistencia de los resultados presentados en esta revisión, así como para añadir nueva información, como por ejemplo: cuál es el valor medio de expansión que se espera alcanzar en una cresta alveolar con "x" milímetros de grosor e "y" unidades Hounsfield mediante la técnica de oseodensificación.

Palabras clave: oseodensificación; expansión; cresta; alveolar.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	9
ÍNDICE DE TABELAS.....	11
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	12
I. INTRODUÇÃO	14
II. DESENVOLVIMENTO.....	16
1. TECIDO ÓSSEO	16
2. OSTEINTEGRAÇÃO.....	17
2.1. Processo da Osteointegração	18
2.2. Avaliação da Estabilidade	23
3. OSSO ALVEOLAR.....	24
3.1. Densidade	26
3.2. Espessura do Osso Cortical	28
3.3. Correlação Densidade Óssea / Espessura do Osso Cortical - Estabilidade Primária	29
4. PREPARAÇÃO DO LEITO IMPLANTAR.....	30
4.1. Técnica de Subpreparação	30
4.2. Técnica do Osteótomo de Summers - Condensação e Expansão Óssea.....	30
4.3. Split-Crest Technique	31
5. OSSEODENSIFICAÇÃO.....	33
5.1. Conceito e Fundamento	33
5.2. Brocas Densah®	35
5.3. Protocolos de Densificação	36
5.3.1. Osso Trabecular de Baixa Densidade	36
5.3.2. Osso Trabecular Denso.....	37
5.4. Evidência Científica Osseodensificação - Estabilidade Primária.....	38

6. EXPANSÃO ÓSSEA ALVEOLAR RECORRENDO À TÉCNICA DE OSSEODENSIFICAÇÃO.....	39
6.1. Protocolo de Expansão do Rebordo Alveolar.....	39
6.2. Evidência Científica	42
III. CONCLUSÕES.....	49
IV. BIBLIOGRAFIA	50
V. ANEXOS.....	57

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Relação inversa entre estabilidade primária e estabilidade secundária. O ponto de interseção entre as duas linhas representa o momento em que a estabilidade é mais fraca. Imagem retirada de (Charatchaiwanna et al., 2019). 19
- Figura 2.** Ilustração dos valores de ISQ - Osstell, Gothenburg, Suécia. Valores > 70 indicam uma alta estabilidade, valores entre 60 e 69 indicam uma estabilidade média, e, valores < 60 indicam uma estabilidade baixa. Consoante o valor de ISQ, é avaliada a abordagem do tratamento restaurador: imediata (ISQ igual ou superior a 70) ou faseada. Imagem retirada de (Charatchaiwanna et al., 2019). 24
- Figura 3.** Registo fotográfico antes e após extração de um pré-molar superior. A - Antes da extração dentária ter sido executada. B - Quatro meses após a extração. Redução do perfil vestibular e da dimensão véstibulo-lingual. Imagens retiradas de (Araújo et al., 2019). 25
- Figura 4.** Ilustração da Classificação de Lekholm & Zarb. Imagem retirada de (Laney et al., 2017). 26
- Figura 5.** Split-Crest Technique com implantes imediatos no primeiro quadrante. A - Divisão da crista alveolar com espessura de 3 mm. B - Colocação dos implantes após expansão da crista e protocolo de perfuração. C - Inserção do enxerto ósseo particulado no espaço intra-alveolar. Imagens retiradas de (Tolstunov et al., 2019). 33
- Figura 6.** A - OD-CCW: rotação no sentido anti-horário/não cortante - modo de densificação. B - OD-CW: rotação no sentido horário/cortante - modo de corte. Imagens retiradas de (IFU-REV22_Portuguese_Europe, ©2022 Versah, LLC). 33
- Figura 7.** TOD executada em osso tibial suíno. A - Vista da posição coronal da preparação e microtomografia computadorizada da secção intermédia e da secção transversal. B - Secção histológica corada com azul de toluidina. Ampliação 10x e 100x (secção lateral e secção apical). Imagens retiradas de (Huwais & Meyer, 2017). 34

Figura 8. A - Broca Densah®. B - Broca Densah® curta. Imagens retiradas de (IFU-REV22_Portuguese_Europe, ®2022 Versah, LLC).....	35
Figura 9. Protocolo DAC (Densificar Após Cortar). Imagem retirada de (IFU-REV22_Portuguese_Europe, ®2022 Versah, LLC).....	38
Figura 10. Ilustração do protocolo de expansão do rebordo alveolar. Imagem retirada de (IFU-REV22_Portuguese_Europe, ®2022 Versah, LLC).....	40
Figura 11. Expansão do rebordo alveolar recorrendo à TOD. Inicial: 3.4 mm. Final: 5 mm. Cortesia do Prof. Doutor Cássio Orth.	41
Figura 12. Expansão do rebordo alveolar recorrendo à TOD. Inicial: 3.3 e 2.8 mm. Final: 4.3 e 4 mm. Aplicação de material de enxerto ósseo por vestibular. Cortesia do Prof. Doutor Cássio Orth.	42

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Classificação de densidade óssea de Misch. Tabela retirada de (Di Stefano et al., 2021).	27
Tabela 2. Classificação da densidade óssea por Misch correlacionada com unidades Hounsfield através de avaliação CT. Tabela retirada de (Di Stefano et al., 2021).	28
Tabela 3. Distribuição da espessura do osso cortical em diferentes localidades da mandíbula e maxila. Os estudos comprovam que a espessura média do osso cortical é maior na mandíbula posterior, seguido da mandíbula anterior, maxila anterior e maxila posterior. Tabela retirada de (Wang et al., 2020).	29
Tabela 4. Explanados os artigos que corresponderam aos critérios de inclusão propostos. Exposição do autor como também o título e ano da publicação. Apresentado o número de implantes colocados após a TOD ter sido realizada e em que região óssea.	44

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

BAFO - Fração da Área Óssea Ocupada

BIC - Contato Osso-Implante

BMU - Unidade Multicelular Óssea

CBCT - Tomografia Computorizada de Feixe Cônico

CT - Tomografia Computorizada

GPa - Gigapascal

HU - Unidade Hounsfield

ISQ - Quociente de Estabilidade Implantar

IT - Torque de Inserção

M-CSF - Fator Estimulante das Colônias de Macrófagos

Ncm - Newton Centímetro

OD-CW - Rotação no Sentido Horário/Cortante - Modo de Corte

OD-CCW - Rotação no Sentido Anti-horário/Não Cortante - Modo de Densificação

OPG - Osteoprotegerina

RANK - Recetor Ativador do Fator Nuclear Kappa B

RANKL - Ligante do Recetor do Ativador do Fator Nuclear Kappa B

RFA - Análise de Frequência de Ressonância

RPM - Rotações por Minuto

TC - Técnica Convencional

TER - Técnica dos Expansores Rosqueados

TOD - Técnica de Osseodensificação

TOS - Técnica do Osteótomo de Summers

P - Valor-*P*

μm - Micrómetro

I. INTRODUÇÃO

Os implantes osteointegrados revolucionaram a medicina dentária restauradora por demonstrarem um alto desempenho clínico com taxas de sobrevivência documentadas entre os 90 - 95% após cinco anos. Originalmente, serviam para acrescentar estabilidade às próteses totais, no entanto, começaram a ser propostos para reabilitar a ausência de peças dentárias em pacientes parcialmente edêntulos. Deste modo, proporcionam a preservação do tecido dentário e melhoram a função mastigatória e estética subjetiva (Duong et al., 2022; Lang, 2019).

Esta mudança de paradigma no âmbito da reabilitação oral surgiu na década de sessenta graças ao seu pioneiro, Professor P. I. Brånemark da Universidade de Gotemburgo, na Suécia, que descobriu a capacidade de existir uma aposição óssea sobre materiais altamente resistentes à corrosão, como o caso do titânio, verificando uma integração do corpo estranho no tecido ósseo graças ao contacto osso-implante (BIC). O próprio, apelidou a este fenómeno de osteointegração, tendo sido publicado pela primeira vez em 1977 (Buser et al., 2017; Lang, 2019).

O sucesso da osteointegração, conceito originalmente definido por Brånemark como uma conexão estrutural e funcional entre o osso vivo e a superfície do implante submetido a uma carga funcional, e recentemente definido por Donath como uma reacção de corpo estranho onde o osso na interface osso-implante é formado como uma reacção de defesa para separar o implante dos tecidos, está sujeita à estabilidade do implante na ausência de micromovimentos, dependente do resultado de dois períodos de cicatrização, denominados de estabilidade primária/mecânica e estabilidade secundária/biológica (Albrektsson & Wennerberg, 2019; Monje et al., 2019).

A estabilidade primária encontra-se fortemente influenciada por múltiplos fatores incluindo a quantidade/qualidade do tecido ósseo e a técnica cirúrgica executada. A estabilidade secundária encontra-se sobretudo influenciada pelo desfecho da estabilidade primária (Monje et al., 2019).

Atualmente, sabe-se que o êxito da colocação de implantes está relacionado principalmente com o volume e a densidade óssea (R et al., 2022). A reabsorção do rebordo alveolar causada pela reabsorção pós-extração, doença periodontal, avulsão dentária traumática ou edentulismo prolongado, tornam esta modalidade de tratamento desafiante. É necessário um volume ósseo adequado para que o implante seja colocado numa posição protética ideal, assim como, são necessários 1 - 1.5 mm de osso em redor do implante para obter um resultado previsível (Starch-Jensen & Becktor, 2019) .

Na ausência de volume ósseo suficiente, este deve ser aumentado por ser um pré-requisito essencial para obter um bom *outcome* clínico. O aumento ósseo horizontal pode ser adquirido por meio de diferentes técnicas incluindo técnicas de divisão e expansão óssea alveolar (Chiapasco & Casentini, 2018).

Na carência de densidade óssea, várias técnicas cirúrgicas de osteotomia com a finalidade de atingir uma melhor estabilidade primária foram propostas, nomeadamente, a técnica de sub-preparação e a técnica do osteótomo de Summers (Gaspar et al., 2021).

Recentemente, uma nova técnica de preparação do leito implantar, a osseodensificação, foi desenvolvida para otimizar a estabilidade primária em osso de baixa densidade. Graças a brocas especialmente desenhadas, Densah Burs®, e rodando em sentido anti-horário, promovem a compactação e auto-enxerto ósseo, aumentando a densidade óssea das paredes da osteotomia à medida que esta se vai expandindo (Huweis & Meyer, 2017).

II. DESENVOLVIMENTO

1. TECIDO ÓSSEO

O tecido ósseo é classificado como um tecido conjuntivo mineralizado especializado constituído por matéria inorgânica, 70%, e, por matéria orgânica, 30% (Laney et al., 2017; Sculean et al., 2019).

A hidroxiapatite representa a maioria da matéria inorgânica, 95%, sendo que, os restantes 5% representam os elementos sódio, potássio, magnésio, flúor e cloro (Laney et al., 2017).

A matéria orgânica é composta por uma matriz extracelular, 98%, e, por uma matriz celular, 2%. A matriz extracelular é composta principalmente de colagénio tipo I, 95%, responsável por conferir ao osso elasticidade e flexibilidade, e de proteínas não colagénicas, 5%, cujas principais funções são de reforçar a estrutura colagénica e de regular o processo da sua mineralização. A matriz celular é constituída por diversas células, nomeadamente por osteoblastos, osteócitos, osteoclastos e por células de revestimento, que intervêm e regulam a formação, manutenção e cicatrização do tecido ósseo (Kenkre & Bassett, 2018; Laney et al., 2017; Sculean et al., 2019).

Pode ser classificado consoante o seu estado de desenvolvimento e microarquitectura em osso imaturo e osso maduro, sendo que este é subclassificado em osso cortical e em osso trabecular (Bartold et al., 2019).

O osso imaturo, não mineralizado, caracteriza-se por apresentar fibras de colagénio tipo I desorganizadas, um alto conteúdo celular e um baixo conteúdo mineral na sua composição. É a primeira forma de osso a surgir no processo de formação óssea e é eventualmente reabsorvido e substituído (Bartold et al., 2019).

O osso maduro, mineralizado, está presente no osso cortical e no osso trabecular. A configuração dos dois é distinta como também as suas propriedades (Bartold et al., 2019; Greenstein et al., 2019):

O osso cortical é mais compacto, tem um menor conteúdo vascular e apresenta uma percentagem de porosidades ósseas de 5% a 10%. Possui uma elevada resistência a forças de torção e uma baixa taxa de *turnover* (Bartold et al., 2019; Greenstein et al., 2019; Kenkre & Bassett, 2018).

O osso trabecular é menos compacto, tem um maior conteúdo vascular e apresenta uma percentagem de 75 a 95% de porosidades ósseas. Possui uma alta resistência a forças de compressão, e, tem mais elasticidade e uma maior taxa de *turnover* que o osso cortical (Bartold et al., 2019; Greenstein et al., 2019; Kenkre & Bassett, 2018).

A matriz celular é essencialmente composta por:

Osteoclastos: provenientes da linhagem mielóide de precursores hematopoiéticos presentes na medula óssea e na corrente sanguínea, são responsáveis pela reabsorção do tecido ósseo. Após realizarem a sua função, sofrem apoptose ou desintegram-se em células mononucleares (Laney et al., 2017; Lerner et al., 2019).

Osteoblastos: provenientes das células osteoprogenitoras através da diferenciação das células estaminais mesenquimatosas, são responsáveis pela síntese do tecido ósseo. Após realizarem a sua função, 10% dos osteoblastos diferenciam-se em osteócitos, e os restantes, transformam-se em células de revestimento ou sofrem apoptose (Bartold et al., 2019; Laney et al., 2017).

Osteócitos: osteoblastos confinados na matriz óssea (Laney et al., 2017).

Células de revestimento: osteoblastos que finalizaram a sua atividade e diferenciam-se em células que se encontram sobre a superfície do osso mineralizado com a função primária de nutrir os osteócitos através de uma rede intercelular (Laney et al., 2017; Lerner et al., 2019).

2. OSTEOINTEGRAÇÃO

Posteriormente à abordagem cirúrgica de elevação de um retalho de espessura total, prossegue-se convencionalmente para a preparação do leito implantar no osso

alveolar. Com a perfuração e excisão óssea através de uma broca piloto e uma sequência de brocas progressivas em diâmetro, é criada uma osteotomia cilíndrica e de comprimento ideal que receberá o implante (Huwais & Meyer, 2017; Kotsakis & Romanos, 2022; Planinić et al., 2021; Tretto et al., 2019).

A osteointegração é considerada como um pré-requisito para o êxito do implante a longo prazo (Huwais & Meyer, 2017).

O seu sucesso encontra-se dependente da estabilidade do implante, esta, ocorre em dois períodos de cicatrização. A estabilidade primária ou mecânica, e, a estabilidade secundária ou biológica. A estabilidade primária, é a fixação do implante no tecido ósseo no momento da sua colocação. Encontra-se dependente de fatores como: o *macro-design* do implante (diâmetro/comprimento, e, configuração dos elementos rosqueáveis), a técnica cirúrgica, e, a macro-arquitetura óssea (volume ósseo, densidade trabecular, e proporção de osso trabecular e osso cortical). A estabilidade secundária ou biológica, compreende o envolvimento biológico e homeostasia por meio da aposição óssea à superfície do implante. Encontra-se influenciada por fatores como: o *micro-design* do implante (características da superfície do elemento protético), a macro e microarquitetura óssea, e, do desfecho da estabilidade primária (Monje et al., 2019).

Sendo a estabilidade do implante a tradução clínica de sucesso, a mobilidade manifesta-se como insucesso, consequência dos micromovimentos que o implante sofre na presença de uma baixa estabilidade primária. Se estes forem superiores a 50 - 150 μm , haverá formação de tecido fibroso ao invés de tecido ósseo. Por este motivo, a estabilidade mecânica é destacada como um pré-requisito para o sucesso clínico a curto e longo prazo (Albrektsson et al., 2017; Charatchaiwanna et al., 2019; Gaspar et al., 2021).

2.1. Processo da Osteointegração

A osteointegração é um processo dinâmico e transitório entre a estabilidade mecânica/primária e a estabilidade biológica/secundária, representando o somatório das duas, a estabilidade total (Bosshardt et al., 2017).

No seu decorrer, verifica-se uma diminuição transitória da estabilidade total entre a segunda e a quarta semana pós-cirúrgica, *stability dip*, como consequência da diminuição da estabilidade mecânica devido à reabsorção óssea que ocorre nas regiões de contacto osso-implante, e, à insuficiente formação de novo osso para que a estabilidade possa ser mantida (Charatchaiwanna et al., 2019).

A estabilidade total do implante depende unicamente da estabilidade mecânica no momento da sua colocação. Após a sua fixação, a estabilidade total sustenta-se exclusivamente na estabilidade biológica (Charatchaiwanna et al., 2019).

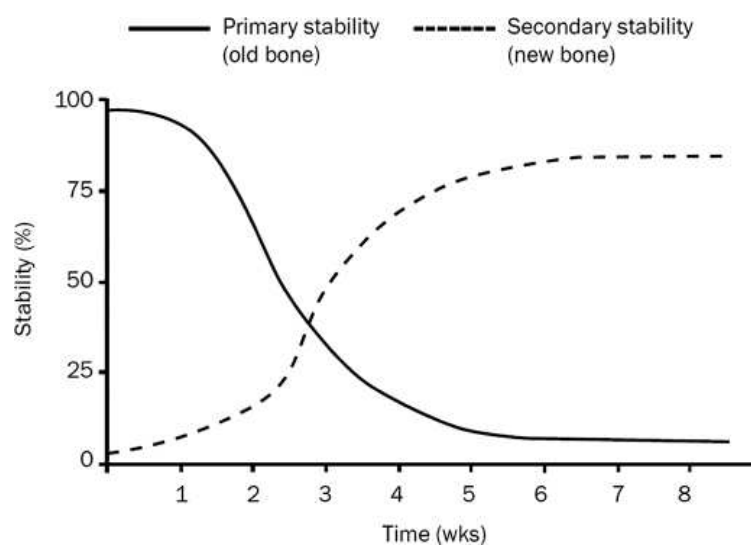


Figura 1. Relação inversa entre estabilidade primária e estabilidade secundária. O ponto de interseção entre as duas linhas representa o momento em que a estabilidade é mais fraca. Imagem retirada de (Charatchaiwanna et al., 2019).

Caso o período de *stability dip* seja demorado, aumenta o risco de o implante sofrer micromovimentos, ficando o processo de osteointegração comprometido (Charatchaiwanna et al., 2019). Contrariamente, se este for momentâneo, traduz-se num processo de osteointegração acelerado ficando o implante pronto a ser reabilitado (Bosshardt et al., 2017).

Clinicamente, o desejável é obter uma excelente estabilidade primária com áreas de baixa *stability dip* (Charatchaiwanna et al., 2019). Para tornar este período menos

acentuado, é desejável que haja um equilíbrio entre osso trabecular e osso cortical em torno do implante recentemente colocado (Bosshardt et al., 2017).

A estabilidade secundária começa com a formação e remodelação óssea (Bosshardt et al., 2017). Pode ocorrer no sentido da parede da osteotomia para a superfície do implante, osteogênese distante, ou, diretamente na superfície do implante, osteogênese de contato (Lang, 2019). Conta com três etapas, sendo que a última é composta por cinco fases: formação de osso imaturo, diferenciação em osso de fibra paralela, e, remodelação óssea (ativação, reabsorção, reversão, formação e terminação) (Lang, 2019; Lerner et al., 2019).

Após a inserção do implante, e, num período de quatro dias a duas semanas, a resposta imuno-inflamatória desencadeada é substituída por uma resposta que visa promover a regeneração óssea por meio da angiogênese e osteogênese (Bosshardt et al., 2017).

A formação óssea precoce inicia-se nas regiões onde o contacto osso-implante é inexistente. Começa mais cedo no osso trabecular do que no osso compacto porque este último precisa de ser reabsorvido primeiro. A regeneração óssea no osso peri-implantar segue o padrão e a sequência de ossificação intramembranosa, caracterizada pela síntese de matriz óssea sem a fase de condrogênese (ossificação endocondral), restaurando totalmente a estrutura e funções originais (Abrahamsson et al., 2021; (Bartold et al., 2019); Bosshardt et al., 2017; Lang, 2019).

Com a constituição do coágulo sanguíneo e a transformação deste em tecido de granulação hipervascularizado constituído por vasos incipientes, células inflamatórias e fibroblastos imaturos, gradualmente, ocorre a diferenciação deste tecido num tecido de granulação provisório composto por vasos sanguíneos recém-formados, células mesenquimatosas imaturas, leucócitos e fibras de colagénio (Sculean et al., 2019).

As fibras de colagénio começam a substituir os resíduos do coágulo sanguíneo e do tecido de granulação, constituindo uma matriz provisória caracterizada pela desorganização das suas fibras. Esta, é denominada de osso imaturo e compõe as pontes

ósseas iniciais na interface osso-implante. A sua formação domina durante as quatro/seis semanas após a inserção do elemento protético (Lang, 2019; Sculean et al., 2019).

Este tecido ósseo essencial, sofre progressivamente um reforço e alterações no seu arranjo, tornando a disposição das suas fibras de colagénio paralelas. Classificado como um tecido ósseo imaturo, o osso de fibra paralela é depositado no início do segundo mês após a cirurgia (Lang, 2019).

Em torno da décima segunda semana pós-cirúrgica, dá-se início à última etapa no processo de formação e regeneração óssea. Distinguida pela reabsorção osteoclástica do osso danificado ou imaturo previamente à aposição osteoblástica de osso maduro, a remodelação óssea caracteriza-se por ser uma cascata de eventos biológicos regulada pelas interações entre os osteoclastos e as células da linhagem osteoblástica (osteoblastos, osteócitos e células de revestimento) (Bartold et al., 2019; Lang, 2019; Lerner et al., 2019).

A remodelação óssea ocorre nas “unidades multicelulares ósseas” (BMU)s. Estas, são constituídas por osteoclastos, osteoblastos e por um fornecimento de sangue capilar (Kenkre & Bassett, 2018; Lang, 2019). A sua estrutura e modo de ação varia consoante se encontre no osso trabecular ou no osso cortical. No osso trabecular, os osteoclastos concentram-se sobre a superfície óssea para formar a lacuna de Howship, que posteriormente será limpa e disposta aos osteoblastos para que seja preenchida. No osso cortical, a BMU assume uma conformação que atua como cone de corte. Esta, é liderada pelos osteoclastos que produzem um canal de reabsorção que receberá novo osso por parte dos osteoblastos localizados na retaguarda (Kenkre & Bassett, 2018; Lang, 2019; Lerner et al., 2019).

Ativação - Os osteócitos ao sentirem carga mecânica ou microdanos são estimulados (libertam M-CSF) e recrutam precursores de osteoclastos da circulação para a superfície óssea. O RANKL, ligante expresso pelos osteoblastos, liga-se ao RANK, um recetor que se encontra nas células precursoras de osteoclastos para que estas se diferenciem e madurem em osteoclastos. Paralelamente, os odontoblastos também secretam uma proteína inibitória, a OPG. Esta, liga-se ao RANK impossibilitando a ligação RANKL/RANK, inibindo a diferenciação de precursores de osteoclastos em

osteoclastos ativos. O equilíbrio do sistema RANKL/RANK/OPG é fundamental para o recrutamento e atividade osteoclástica (Bartold et al., 2019; Kenkre & Bassett, 2018; Lerner et al., 2019).

Reabsorção - Os osteoclastos desenvolvem o seu microambiente sobre a superfície óssea, denominada de lacuna de Howship. Neste microambiente, ocorre o processo de reabsorção óssea. Primeiramente, por meio da acidificação do conteúdo mineral com íons de hidrogénio (cloreto é igualmente bombeado para o meio com o objetivo de manter a eletroneutralidade), e posteriormente, a degradação da matriz orgânica por enzimas proteolíticas, metaloproteinases e catepsina K. A fase termina com a apoptose dos osteoclastos com o propósito de não haver uma degradação excessiva (Kenkre & Bassett, 2018; Lerner et al., 2019).

Reversão - Diferenciada pelo papel das células reversas, células provenientes da linhagem osteoblástica, corresponde à fase intermédia do processo de reabsorção e aposição. Estas, atuam colonizando a superfície óssea imediatamente após o óbito dos osteoclastos removendo os detritos por eles gerados preparando a superfície para a aposição de nova matriz óssea. As vias de sinalização encarregadas de estabelecer a ligação fase de reabsorção/fase de formação ainda não são claras, porém, os intervenientes do acoplamento poderão ser: IL-6 e Eph/ephrin (relacionados com osteoclastos e osteoblastos), e, BMP-2, TGF- β , IGF (fatores derivados da matriz) (Kenkre & Bassett, 2018; Lerner et al., 2019).

Formação - Os osteoblastos localizados sobre a área reabsorvida, sintetizam e secretam matriz osteoide rica em colagénio tipo I. Em seguida, prossegue-se a mineralização desta com a deposição de cristais de hidroxiapatite entre as fibras de colagénio. Este passo é controlado pela regulação sistémica das concentrações de cálcio e fosfato, a concentração local de cálcio e fosfato dentro das vesículas da matriz extracelular, e, por inibidores locais de mineralização (pirofosfato e osteopontina, uma proteína não colagénica) (Kenkre & Bassett, 2018; Lerner et al., 2019).

Terminação - O processo de remodelação óssea estará concluído quando a quantidade de osso reabsorvido estiver substituída por novo osso. Consequentemente, os osteoblastos sofrem apoptose, transformam-se em células de revestimento, ou, ficam

confinados na matriz óssea diferenciando-se em osteócitos. Neste momento, a superfície óssea é mantida em repouso até ser iniciado o próximo ciclo de remodelação (Kenkre & Bassett, 2018; Lerner et al., 2019).

2.2. Avaliação da Estabilidade

A avaliação da estabilidade primária deduz o prognóstico do processo de osteointegração. Pode ser obtida por meio de métodos invasivos, aplicados num contexto experimental, ou, por métodos não invasivos, praticados em ambiente clínico (Chen, 2018; Di Stefano et al., 2021).

O torque de inserção (IT) e quociente de estabilidade implantar (ISQ) são os critérios mais utilizados para avaliar a estabilidade implantar clinicamente (Di Stefano et al., 2021).

O IT é a resistência friccional que o implante padece enquanto progride apicalmente através da rotação sobre o seu próprio eixo no momento da sua colocação (Di Stefano et al., 2021). Expresso em newton centímetro (Ncm), é um parâmetro informativo da estabilidade primária pontual, não sendo implementado em avaliações longitudinais da estabilidade implantar (Chen, 2019). Persiste a falta de consenso sobre o IT mínimo necessário para assegurar a osteointegração, contudo, um IT entre 20 - 40 Ncm ou entre 25 - 45 Ncm é o recomendado (Antonacci et al., 2022; Di Stefano et al., 2021). Valores de IT superiores resultam em um aumento da extensão espacial de microfraturas e de reabsorção óssea, comprometendo a estabilidade secundária, assim como, valores de IT inferiores demonstram uma fraca estabilidade primária havendo mínima morte celular, promovendo um período de *stability dip* demorado (Monje et al., 2019).

O ISQ é outro indicador de cálculo da estabilidade implantar, porém, este é determinado mediante a análise de frequência de ressonância (RFA). Por intermédio de um dispositivo portátil (Osstell™, Osstell, Gothenburg, Suécia) e um transdutor (SmartPeg™, Osstell, Gothenburg, Suécia) conectado ao implante ou a um componente protético, o equipamento analisa a solidez da interface osso-implante através da leitura de impulsos magnéticos. Para tal finalidade, o próprio dispositivo aplica previamente uma

força lateral sobre o implante e calcula a frequência de ressonância. O resultado da operação traduz-se num valor de ISQ que varia de 0 (estabilidade baixa) a 100 (estabilidade alta). Este valor é influenciado pela qualidade e quantidade óssea circundante, a posição do implante e o comprimento efetivo do feixe (Chen, 2019; Di Stefano et al., 2021).



Figura 2. Ilustração dos valores de ISQ - Osstell, Gothenburg, Suécia. Valores > 70 indicam uma alta estabilidade, valores entre 60 e 69 indicam uma estabilidade média, e, valores < 60 indicam uma estabilidade baixa. Consoante o valor de ISQ, é avaliada a abordagem do tratamento restaurador: imediata (ISQ igual ou superior a 70) ou faseada. Imagem retirada de (Charatchaiwana et al., 2019).

Valores de ISQ podem ser registados aquando da inserção do implante, no decorrer do processo de osteointegração ou até após o implante ter sido reabilitado (Chen, 2019; Di Stefano et al., 2021).

3. OSSO ALVEOLAR

Desenvolve-se mediante ossificação intramembranosa e possui uma capacidade elevada de cicatrização, assim como, propriedades mecânicas e estruturais (Bartold et al., 2019; Sculean et al., 2019).

Estas propriedades condicionam o seu comportamento biomecânico, nomeadamente, a sua elasticidade. No momento em que uma tensão é aplicada sobre o osso, este responde mediante uma deformação consoante o seu módulo elástico ou Módulo de Young. No osso peri-implantar, é avaliado a 15 GPa no osso cortical e a 1 GPa no osso trabecular. Para o mesmo grau de tensão aplicado, quanto maior o módulo elástico, menor a deformação, e, quanto menor o módulo elástico, maior a deformação. Tal deformação é considerada elástica quando o osso recupera as suas dimensões originais após eliminação da tensão aplicada, e, considerada plástica, quando não

recupera as suas dimensões originais após eliminação da tensão (Pérez-Pevida et al., 2019).

Juntamente com o ligamento periodontal e com o cimento radicular, constitui a unidade de suporte dentária. Estruturalmente, é composto pelo processo alveolar da maxila e da mandíbula, bem como, pelo osso alveolar propriamente dito. Este, reveste a superfície radicular e adapta-se à sua configuração. Une-se na sua porção mais coronal com o processo alveolar para formar a crista alveolar (Bartold et al., 2019).

O processo alveolar é revestido por osso cortical. Exteriormente, pelas tábuas ósseas corticais vestibulares e pela tábua óssea cortical palatina/lingual, e, interiormente, pelo osso alveolar propriamente dito. Toda a área delimitada por osso cortical é preenchida por osso trabecular (Shemtov-Yona, 2021). Perióstio, camada espessa de colagénio constituída por fibras de Sharpey, encontra-se superficialmente à camada externa cortical e proporciona fixação aos tecidos circundantes (incluindo o ligamento periodontal) e vascularização (Bartold et al., 2019).

Imediatamente após a perda de uma peça dentária, o osso alveolar propriamente dito é rapidamente reabsorvido e o processo alveolar sofre uma diminuição no seu volume (Araújo et al., 2019; Bartold et al., 2019).

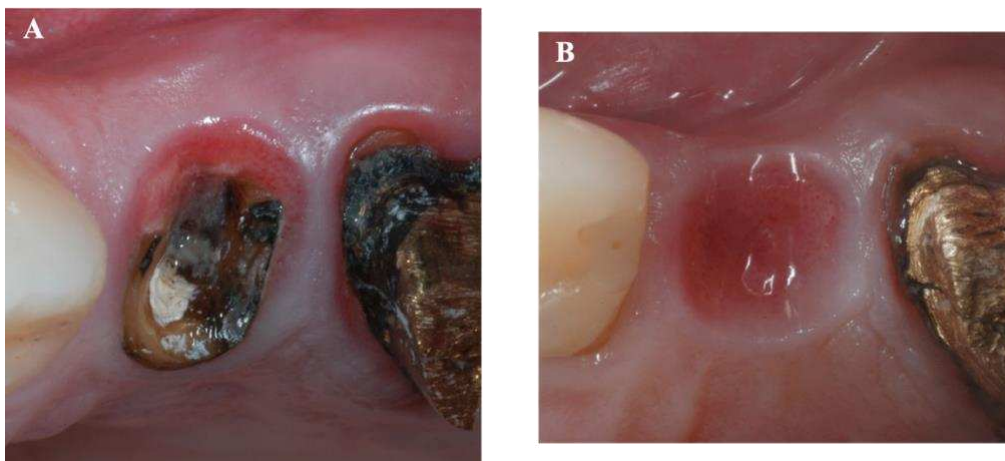


Figura 3. Registo fotográfico antes e após extração de um pré-molar superior. A - Antes da extração dentária ter sido executada. B - Quatro meses após a extração. Redução do perfil vestibular e da dimensão vestibulo-lingual. Imagens retiradas de (Araújo et al., 2019).

A redução da dimensão horizontal é mais pronunciada em comparação com a dimensão vertical, assim como, a espessura da tábua óssea cortical vestibular é mais prejudicada que a espessura da tábua óssea cortical palatina/lingual (Shemtov-Yona, 2021). Estas alterações são mais significativas na zona da crista alveolar, tornando-a mais estreita e mais densa devido à proximidade das tábuas ósseas corticais (de Elío Oliveros et al., 2020; Shemtov-Yona, 2021).

A qualidade do osso alveolar depende das suas características (espessura do osso cortical; densidade do osso trabecular; rácio osso cortical/osso trabecular) que influenciam a estabilidade primária e secundária do implante. É um fator crucial para a obtenção de uma osteointegração adequada (Di Stefano et al., 2021).

3.1. Densidade

Lekholm & Zarb classificaram a densidade óssea do osso alveolar em 4 tipos de acordo com a proporção do osso cortical e do osso trabecular: Osso tipo 1 - constituído maioritariamente por osso cortical; Osso tipo 2 - osso trabecular denso revestido por uma camada espessa de osso cortical; Osso tipo 3 - osso trabecular denso revestido por uma camada fina de osso cortical; Osso tipo 4 - osso trabecular de baixa densidade revestido por uma camada fina de osso cortical. Os autores relataram que é desejável uma quantidade adequada de osso cortical revestindo o osso trabecular para obter um bom resultado clínico (Di Stefano et al., 2021).

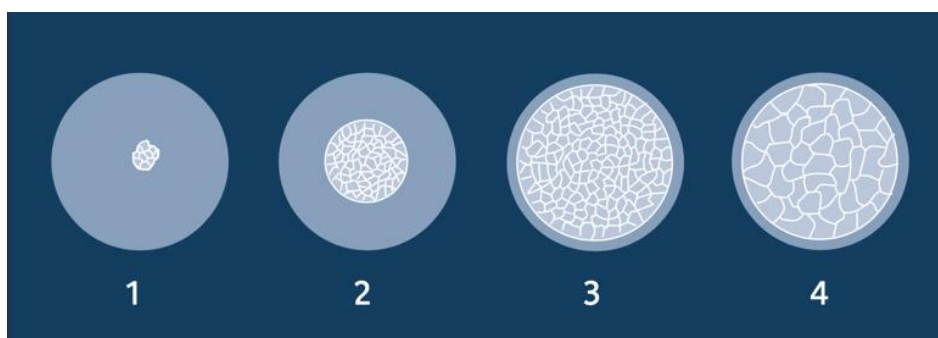


Figura 4. Ilustração da Classificação de Lekholm & Zarb. Imagem retirada de (Laney et al., 2017).

Misch desenvolveu a sua classificação baseando-se na perceção da qualidade óssea durante a perfuração em regiões edêntulas, comparando as diferentes resistências

ósseas com outros materiais. Acrescentou também, a localidade da maxila ou mandíbula onde se encontra determinado tipo de osso (Di Stefano et al., 2021; Shemtov-Yona, 2021).

Densidade Óssea	Descrição	Sensação Táctil	Localização
D1	Cortical Denso	Madeira de Carvalho	Mandíbula Anterior
D2	Cortical Poroso Trabecular Denso	Madeira de Abeto	Mandíbula Anterior Mandíbula Posterior Maxila Anterior
D3	Cortical Poroso e Fino Trabecular Fino	Madeira de Balsa	Mandíbula Posterior Maxila Anterior Maxila Posterior
D4	Trabecular Fino	Esferovite	Maxila Posterior

Tabela 1. Classificação de densidade óssea de Misch. Tabela retirada de (Di Stefano et al., 2021).

O osso D1 encontra-se na região anterior da mandíbula e a sua presença é invulgar. O osso D2 encontra-se principalmente na mandíbula e é o mais comum. O osso D3 encontra-se maioritariamente na maxila. O osso D4 é mais frequente na região posterior da maxila e apresenta uma maior previsibilidade de insucesso em comparação com os tipos de osso D1 a D3. Estes últimos estão associados a uma melhor osteointegração do implante, sendo que, o osso D3 é considerado o “osso ideal” para atingir uma estabilidade primária adequada (Di Stefano et al., 2021; Shemtov-Yona, 2021).

Contudo, a perceção da resistência à perfuração não pode ser avaliada quantitativamente. A tomografia computadorizada (CT) permite avaliar a densidade óssea pré-operatória de forma quantitativa. As imagens axiais obtidas através da CT possuem 260.000 pixels, e cada pixel corresponde a uma unidade Hounsfield (HU). Um número elevado de HU resulta numa maior densidade óssea presente. Deste modo, a classificação de densidade óssea de Misch pode ser correlacionada com as HU mediante avaliação radiográfica. A tomografia computadorizada de feixe cónico (CBCT) foi introduzida para evitar a exposição dos altos níveis de radiação da CT (Di Stefano et al., 2021).

Considerada como um instrumento de diagnóstico preciso, obtém imagens tridimensionais com alta resolução que permitem planejar a colocação de implantes: avaliar estruturas anatômicas nobres e estruturas ósseas (morfologia, qualidade e volume residual) (Shemtov-Yona, 2021).

Densidade Óssea	Avaliação CT	Descrição Localização
D1	>1250 HU	Cortical Denso Mandíbula Anterior
D2	850 - 1250 HU	Cortical Poroso e Trabecular Denso Mandíbula Anterior - Mandíbula Posterior - Maxila Anterior
D3	350 - 850 HU	Cortical Fino e Trabecular Fino Mandíbula Posterior - Maxila Anterior - Maxila Posterior
D4	150 - 350 HU	Trabecular Fino Maxila Posterior

Tabela 2. Classificação da densidade óssea por Misch correlacionada com unidades Hounsfield através de avaliação CT. Tabela retirada de (Di Stefano et al., 2021).

3.2. Espessura do Osso Cortical

A espessura das tábuas ósseas corticais do osso alveolar diferem da maxila para a mandíbula, assim como, do setor anterior para o posterior. A tábua óssea cortical palatina/lingual é por norma mais espessa em comparação com as tábuas ósseas corticais vestibulares. No sentido coronal-apical (6 mm), não existe um progressivo aumento de espessura das tábuas ósseas corticais (Shemtov-Yona, 2021).

Localização	Ko et al. 2017	Gupta et al. 2017	Wang et al. 2020
Mandíbula Posterior	1.22 ± 0.52 mm	1.18 ± 0.48 mm	1.15 ± 0.42 mm
Mandíbula Anterior	1.06 ± 0.32 mm	1.08 ± 0.30 mm	1.01 ± 0.32 mm
Maxila Anterior	0.83 ± 0.31 mm	0.82 ± 0.32 mm	0.89 ± 0.26 mm

Maxila Posterior	0.72 ± 0.29 mm	0.76 ± 0.29 mm	0.72 ± 0.19 mm
-------------------------	----------------	----------------	----------------

Tabela 3. Distribuição da espessura do osso cortical em diferentes localidades da mandíbula e maxila. Os estudos comprovam que a espessura média do osso cortical é maior na mandíbula posterior, seguido da mandíbula anterior, maxila anterior e maxila posterior. Tabela retirada de (Wang et al., 2020).

3.3. Correlação Densidade Óssea / Espessura do Osso Cortical - Estabilidade Primária

A literatura confirma preliminarmente uma correlação positiva entre a densidade óssea/espessura do osso cortical e a estabilidade primária, e, uma correlação positiva entre a densidade óssea e a estabilidade primária (Chen, 2019; Di Stefano et al., 2021).

A fixação mecânica do elemento protético encontra-se fortemente dependente da qualidade óssea. Esta, difere consoante a localização maxilar/mandibular avaliada, sendo mais notória no osso mandibular, mais denso e rácio mais elevado de osso cortical para osso trabecular comparativamente ao osso maxilar (Di Stefano et al., 2021).

Graças à RFA, implantes quando colocados no osso mandibular demonstram ter valores médios iniciais de ISQ mais altos em comparação a implantes colocados no osso maxilar. Contudo, parece não haver diferenças significativas de ISQs entre implantes colocados no setor anterior e no setor posterior (Chen, 2019).

A densidade óssea afeta significativamente o IT e os valores de ISQ iniciais, sendo a taxa de sobrevivência dos implantes colocados em osso tipo I superior relativamente aos colocados em osso tipo III e osso tipo IV (Chen, 2019; Di Stefano et al., 2021; Shemtov-Yona, 2021).

Em conclusão, a densidade óssea do osso recetor é um parâmetro que deve ser tido em conta durante a avaliação pré-operatória por prever a estabilidade implantar inicial e o sucesso do processo de osteointegração (Di Stefano et al., 2021). De igual forma, a espessura do osso cortical poderá ser considerada como um parâmetro preditivo por ser geralmente associado à estabilidade inicial (Wang et al., 2020).

4. PREPARAÇÃO DO LEITO IMPLANTAR

A técnica cirúrgica de preparação do leito implantar influencia o grau de fixação mecânica do implante, contribuindo para o êxito da estabilidade primária, e por sua vez, para o êxito da estabilidade secundária (Bonfante et al., 2019). A literatura correlaciona valores mais elevados de IT e de ISQ em osso de maior densidade, contudo, a mesma relação evidencia ser desigual em osso de baixa densidade (Di Stefano et al., 2021).

Comparativamente à técnica convencional (TC), várias abordagens têm sido desenvolvidas com o intuito de aumentar a quantidade e qualidade óssea em osso de baixa densidade, sobretudo, com o propósito de preservar tecido ósseo por acelerar o processo de cicatrização (Gaspar et al., 2021; Huwais & Meyer, 2017).

4.1. Técnica de Subpreparação

Com o desígnio de potencializar a estabilidade inicial em osso de baixa densidade, o protocolo cirúrgico de subpreparação do leito implantar é frequentemente indicado (Antonacci et al., 2022).

Esta abordagem pretende que o implante seja colocado numa osteotomia substancialmente menor que o seu diâmetro (resultado da não utilização da última broca do protocolo de perfuração) sobre um IT ideal em osso de menor qualidade para melhorar o BIC impedindo que o elemento protético sofra micromovimentos (Antonacci et al., 2022).

A inconveniência da prática desta técnica pode passar por um excesso de compressão lateral óssea culminando com a necrose, assim como, o osso cortical pode sofrer microfraturas e sobreaquecimento (Antonacci et al., 2022).

4.2. Técnica do Osteótomo de Summers - Condensação e Expansão Óssea

A condensação óssea e expansão óssea recorrendo à utilização dos osteótomos de Summers, é classificada como uma técnica cirúrgica de preparação do leito implantar

praticada em osso de baixa densidade e com déficit de espessura do rebordo alveolar (Hsi Hong et al., 2017; Pérez-Pevida et al., 2019).

Após a perfuração com uma broca piloto até ao comprimento do implante selecionado, a técnica baseia-se na instrumentação manual com osteótomos de diâmetro progressivo com objetivo de condensar e expandir o osso trabecular lateralmente e apicalmente até alcançar o diâmetro do elemento protético (Mei et al., 2022; Planinić et al., 2021; Tretto et al., 2019). Envolve a deformação do osso, predominantemente elástica, havendo uma recuperação do diâmetro da osteotomia após eliminação da tensão aplicada - *Spring-back effect* (Huweis & Meyer, 2017; Pérez-Pevida et al., 2019).

Concebida com o propósito de otimizar a interface osso-implante, aumentando a densidade das paredes do osso recetor com o objetivo de atingir uma melhor estabilidade primária, este procedimento preserva o osso existente ao invés da TC, e, reduz a produção de calor (Mei et al., 2022; Tretto et al., 2019).

Contudo, apresenta limitações como o trauma cirúrgico (microfraturas, fratura ou deslocamento não intencional do osso), comprometimento do processo de cicatrização, e, a presença de um padrão de condensação óssea não uniforme ao redor da superfície implantar (Mei et al., 2022; Planinić et al., 2021; Slete et al., 2018).

4.3. Split-Crest Technique

Split-Crest Technique ou Técnica de Expansão do Rebordo Alveolar, é classificada como uma técnica cirúrgica de restabelecimento da dimensão horizontal em rebordos alveolares deficientes (Tolstunov et al., 2019).

Esta modalidade de intervenção de aumento lateral ósseo visa a expansão óssea e encontra-se indicada em presença de uma crista alveolar entre 3 a 5 mm de espessura e com uma proporção osso trabecular/osso cortical equilibrada, com o intuito de facilitar o processo de expansão e assegurar o fornecimento vascular na fase de cicatrização (Starch-Jensen & Becktor, 2019; Tolstunov et al., 2019).

Consiste na divisão do rebordo alveolar estreito e reposicionamento da tábua óssea cortical vestibular com osso trabecular remanescente numa posição mais anterior. Para tal, é efetuada uma fratura em galho verde, também denominada de “*book-flap*”, ou, para uma reposição ainda mais anterior, através da separação total da tábua “*Island-flap/I-flap*”. Praticada com instrumentação piezoelétrica, osteótomos de cinzel afiados, expansores progressivos, mallet, microserra ou brocas finas. O espaço intra-alveolar criado é preenchido com enxerto ósseo particulado aquando da colocação do(s) implante(s) (Tolstunov et al., 2019).

A maxila ao ser constituída por tábuas ósseas corticais finas e osso trabecular menos denso e mais maleável, permite que esta técnica seja executada somente em uma fase. Contrariamente, a mandíbula por apresentar tábuas óssea corticais espessas, e, maior densidade e menor elasticidade, permite que esta técnica seja praticada frequentemente em duas fases e ocasionalmente em uma fase (Starch-Jensen & Becktor, 2019; Tolstunov et al., 2019).

O ganho médio de expansão óssea varia entre 3.2 a 4.1 mm, sendo superior no osso maxilar comparativamente ao osso mandíbular (Starch-Jensen & Becktor, 2019).

As complicações que possam surgir durante a prática desta técnica são principalmente de cariz técnico, relacionado com a destreza do operador ao dividir o rebordo alveolar estreito. Poderá haver uma fratura da tábua óssea cortical vestibular, como também, uma separação total desta tornando-se em um enxerto e prolongando o tempo de cicatrização (Tolstunov et al., 2019).

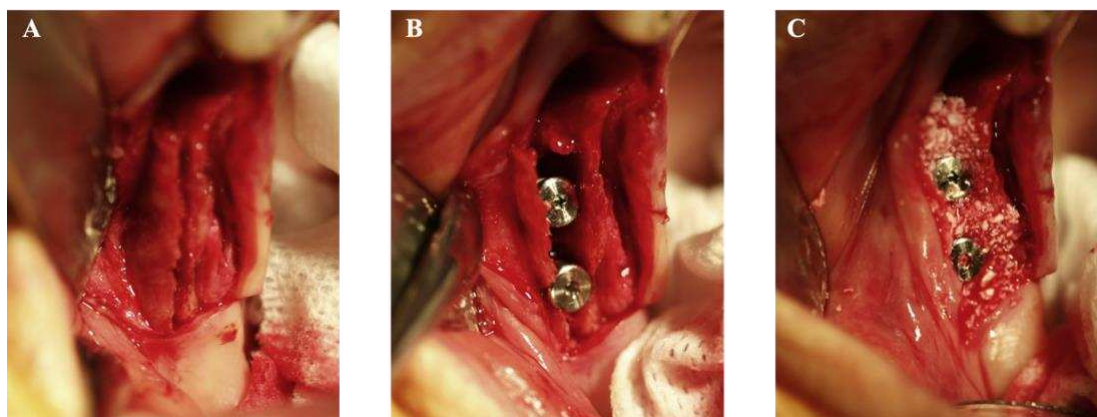


Figura 5. Split-Crest Technique com implantes imediatos no primeiro quadrante. A - Divisão da crista alveolar com espessura de 3 mm. B - Colocação dos implantes após expansão da crista e protocolo de perfuração. C - Inserção do enxerto ósseo particulado no espaço intra-alveolar. Imagens retiradas de (Tolstunov et al., 2019).

5. OSSEODENSIFICAÇÃO

5.1. Conceito e Fundamento

A técnica de osseodensificação (TOD), método cirúrgico de preparação do leito implantar, visa a otimização da estabilidade primária em osso de baixa densidade mediante um aumento do BIC. Por meio de brocas especialmente desenhadas, Densah Burs®, o tecido ósseo é preservado e compactado, aumentando a densidade óssea das paredes da osteotomia à medida que esta se vai expandindo. Este efeito é alcançado graças à sua configuração cônica constituída por quatro ou mais lâminas com grandes ângulos de inclinação negativa e a sua extremidade em cinzel (Huwais & Meyer, 2017).

O princípio desta técnica não subtrativa baseia-se na deformação plástica óssea que ocorre mediante a rotação no sentido anti-horário/não cortante - modo de densificação (OD-CCW) da broca ao invés da rotação ser no sentido horário/cortante - modo de corte (OD-CW) (Huwais & Meyer, 2017).

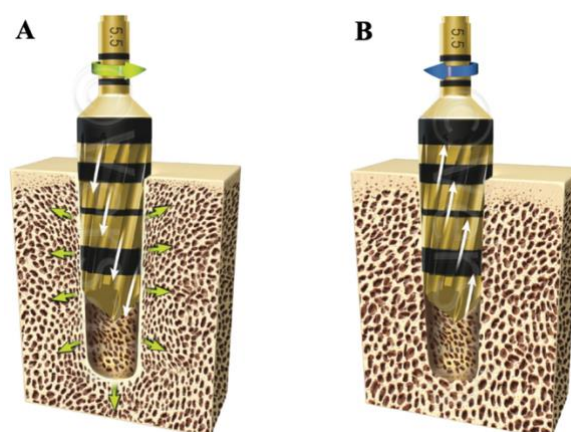


Figura 6. A - OD-CCW: rotação no sentido anti-horário/não cortante - modo de densificação. B - OD-CW: rotação no sentido horário/cortante - modo de corte. Imagens retiradas de (IFU-REV22_Portuguese_Europe, ©2022 Versah, LLC).

O colagénio confere ao osso a sua capacidade de dissipar energia, e consequentemente, deste se deformar plasticamente. O osso trabecular recém exposto e hidratado comporta-se como um material dúctil, capaz de receber forças de compressão abaixo da sua resistência máxima provocadas pelas brocas ao rodarem no sentido OD-CCW. A irrigação externa e o conteúdo fluido presente no osso auxiliam o processo, criando uma película lubrificante entre as duas superfícies que reduz o atrito e distribui de forma uniforme as forças compressivas (Huwais & Meyer, 2017).

Esta alteração irreversível ocorre gradualmente por ser dependente do tempo e da taxa de tensão. Do mesmo modo, a porção óssea que não sofre deformação plástica, sofre deformação viscoelástica, traduzindo-se numa alteração reversível e clinicamente no *spring-back effect*. A redução do diâmetro da osteotomia provoca forças compressivas contra a superfície do implante, aumentando o BIC (Huwais & Meyer, 2017).

A preservação da matriz óssea ocorre por meio da compactação do osso trabecular através da deformação viscoelástica e plástica, e, através do autoenxerto das partículas ósseas geradas através da instrumentação ao longo do comprimento e no ápice da osteotomia (Huwais & Meyer, 2017).

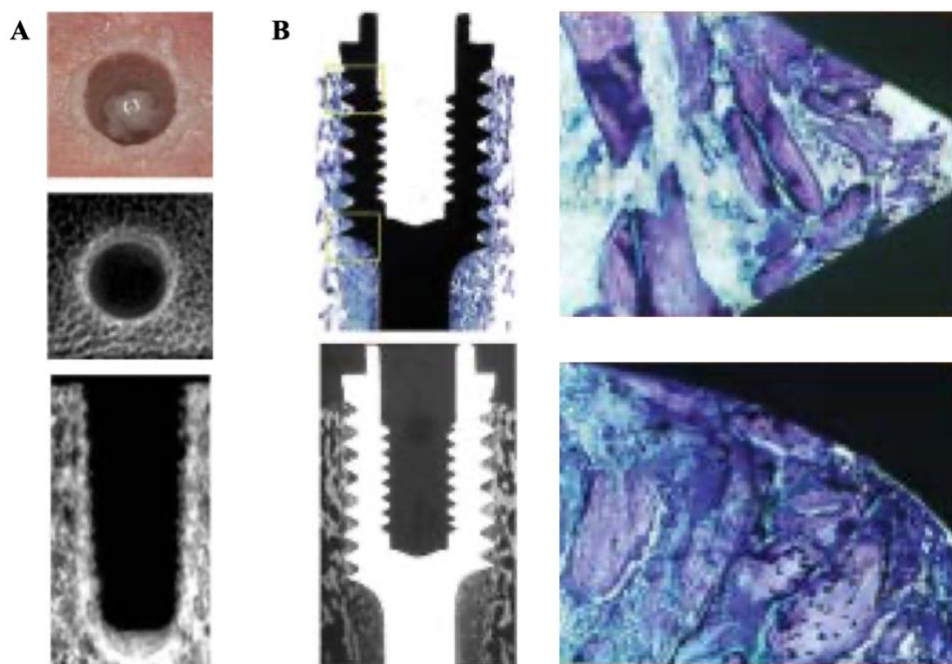


Figura 7. TOD executada em osso tibial suíno. A - Vista da posição coronal da preparação e microtomografia computadorizada da secção intermédia e da secção transversal. B - Secção histológica

corada com azul de toluidina. Ampliação 10x e 100x (secção lateral e secção apical). Imagens retiradas de (Huweis & Meyer, 2017).

O operador pode praticar a TOD de forma segura e controlada, o contato broca-osso proporciona uma força de reação axial oposta proporcional à intensidade exercida pelo praticante. Este *feedback* háptico informa ao cirurgião sobre o grau de densidade óssea encontrada e este assim poderá controlar a força que exerce (Huweis & Meyer, 2017).

5.2. Brocas Densah®

O sistema é composto por brocas Densah® e por brocas Densah® curtas, ambas marcadas a laser com profundidades de 3 - 20 mm e 3 - 15 mm, respetivamente. A nomenclatura de cada broca adota as dimensões do menor e maior diâmetro presentes.

A título de exemplo, a broca Densah® VT3848 compreende um diâmetro menor de 3.8 mm, um diâmetro coronal de 4.8 mm na marca de 11.5 mm e um diâmetro médio na marca dos 8 mm de 4.3 mm. A broca Densah® curta VT3848-S possui um diâmetro menor de 3.8 mm e um diâmetro coronal de 4.8 mm na marca de 10 mm.

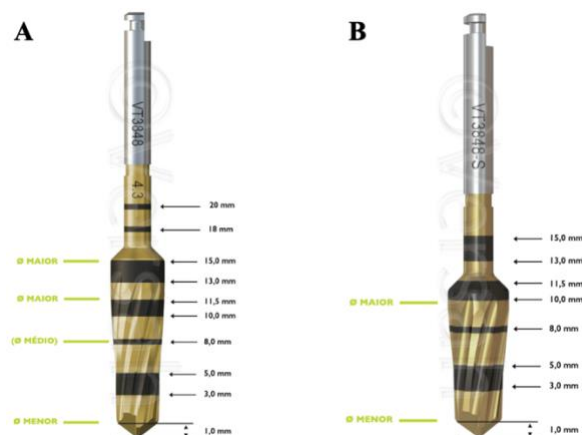


Figura 8. A - Broca Densah®. B - Broca Densah® curta. Imagens retiradas de (IFU-REV22_Portuguese_Europe, ©2022 Versah, LLC).

Brocas VT5®: VT1525 (2 mm); VT2535 (3 mm); VT3545 (4 mm); VT4555 (5 mm).
Brocas VT8®: VT1828 (2.3 mm); VT2838 (3.3 mm); VT3848 (4.3 mm); VT4858 (5.3 mm).
Brocas VS8®: VS2228 (2.5 mm); VS3238 (3.5 mm); VS4248 (4.5 mm); VS5258 (5.5 mm).
Brocas curtas VT5® e VT8®. A cifra entre parêntesis representa o diâmetro médio presente em cada broca (IFU-REV22_Portuguese_Europe, ®2022 Versah, LLC).

5.3. Protocolos de Densificação

As brocas Densah® são indicadas na preparação de osteotomias para a colocação de implantes dentários no osso maxilar e no osso mandibular. A broca piloto é usada para criar o orifício inicial e alcançar a profundidade planeada.

É contraindicado o protocolo de densificação óssea no osso cortical (osso tipo I). É necessário recorrer ao Protocolo (Densificar - Preservar), usando as brocas Densah® no modo OD-CW e inverter para OD-CCW para gerar um novo autoenxerto (IFU-REV22_Portuguese_Europe, ®2022 Versah, LLC).

5.3.1. Osso Trabecular de Baixa Densidade

O diâmetro da preparação final da osteotomia deve ser preparado com a broca Densah® de diâmetro médio com medida 0.5 - 0.7 mm menor que o diâmetro médio do implante selecionado.

1. Perfure até à profundidade desejada usando a broca piloto Densah® (velocidade de rotação da broca 800 - 1500 RPM com irrigação abundante). Ao perfurar, não aplique pressão lateral e monitorize a profundidade de perfuração.
2. Dependendo do tipo e do diâmetro do implante selecionado para o local, comece com a broca Densah® mais estreita. Inverta o sentido de rotação do motor cirúrgico (sentido anti-horário, velocidade de rotação da broca 800 - 1500 RPM com irrigação abundante).
3. Inicie a operação da broca na osteotomia no sentido de densificação, isto é, anti-horário. Quando sentir o feedback háptico da broca a empurrar para cima, para fora da osteotomia, module a pressão com um movimento de vaivém até alcançar a profundidade desejada. A irrigação abundante é sempre necessária.

4. Se sentir resistência, aumente a pressão com delicadeza, assim como o número de movimentos de vaivém, para atingir a profundidade desejada.
5. Coloque o implante na osteotomia. Se usar o motor cirúrgico, a unidade poderá parar ao atingir o binário máximo de inserção. Termine de colocar o implante na profundidade obtida com uma catraca dinamométrica (IFU-REV22_Portuguese_Europe, ©2022 Versah, LLC).

5.3.2. Osso Trabecular Denso

O diâmetro da preparação final da osteotomia deve ser preparado com a broca Densah® de diâmetro médio com medida 0.2 - 0.5 mm menor que o diâmetro médio do implante selecionado.

É recomendado o uso de brocas Densah® em pequenos incrementos. Use as brocas VT8® como passos intermédios alternados entre as brocas VT5® consecutivas, se necessário. Aumente o número de movimentos de vaivém para atingir a profundidade desejada.

1. Aconselha-se que a osteotomia seja preparada 1 mm mais profunda do que o comprimento final do implante, usando a broca piloto Densah® (velocidade de rotação da broca 800 - 1500 RPM com irrigação abundante).
2. Dependendo do tipo e do diâmetro do implante selecionado para o local, comece com a broca Densah® mais estreita. Inverta o sentido da rotação do motor cirúrgico (sentido anti-horário, velocidade de rotação da broca 800 - 1500 RPM com irrigação abundante). Inicie a operação da broca na osteotomia. Quando sentir o feedback háptico da broca a empurrar para cima, para fora da osteotomia, module a pressão com movimentos de vaivém, até alcançar a profundidade desejada. Pode-se notar resistência e um leve efeito martelo ao pressionar para baixo para avançar com a broca na osteotomia.
3. (Densificar - Preservar) após cortar (DAC), se necessário: Quando for sentida uma forte resistência. Alterne o motor cirúrgico para rotação no modo de corte (sentido horário a 800 - 1500 RPM com irrigação abundante). Avance com a broca Densah® na osteotomia até alcançar a profundidade desejada. Permaneça na osteotomia, alterne o motor cirúrgico para o modo de densificação para densificar e autoenxertar o osso

cortado nas paredes da osteotomia. Ao não remover a broca da osteotomia entre os modos de corte e densificação, depositará as partículas ósseas cortadas de volta no interior da osteotomia delimitada.

4. Coloque o implante na osteotomia. Se usar o motor cirúrgico, a unidade poderá parar ao atingir o binário máximo de inserção. Termine de colocar o implante na profundidade obtida com uma catraca dinamométrica.
5. A utilização de densificação óssea em osso trabecular denso é apenas recomendada para expandir uma largura de rebordo menor do que a adequada na mandíbula.
6. Em osso denso abundante: a broca Densah® deve ser usada no modo de corte (800 - 1500 RPM) no sentido horário ou com o Protocolo DAC (IFU-REV22_Portuguese_Europe, ©2022 Versah, LLC).



Figura 9. Protocolo DAC (Densificar Após Cortar). Imagem retirada de (IFU-REV22_Portuguese_Europe, ©2022 Versah, LLC).

5.4. Evidência Científica Osseodensificação - Estabilidade Primária

Inchingolo et al., (2021) avaliaram a eficácia da TOD na preparação do leito implantar numa revisão sistemática e meta-análise. Dezasseis artigos foram incluídos de acordo com os critérios de inclusão. Destes, onze são estudos clínicos (oito em animais e três em humanos) e quatro são revisões bibliográficas. Os estudos clínicos foram classificados como de baixo risco/risco pouco claro de enviesamento. Criaram dois grupos (o grupo OD-CCW e o grupo OD-CW) com o objetivo de comparar os parâmetros BIC, o IT e a fração da área óssea ocupada (BAFO) entre eles. O grupo OD-CCW apresentou valores médios de BIC e IT mais elevados que o grupo OD-CW ($P < 0.01$),

no entanto, não houve diferença estatisticamente significativa no BAFO entre os dois grupos. Concluíram que a TOD é uma técnica útil para obter um maior IT e BIC *in vivo*. Por sua vez, referiram que são necessários mais estudos clínicos randomizados para confirmar estes resultados em humanos.

Gaspar et al., (2021) avaliaram a diferença dos resultados clínicos entre a TC e a TOD numa revisão sistemática. Três estudos não randomizados de intervenções em humanos classificados como de baixo risco de enviesamento foram incluídos de acordo com os critérios de inclusão. A TOD apresentou valores médios de ISQ mais elevados que a TC no pós-operatório imediato ($P < 0.0001$) e no *follow-up* de quatro a seis meses após o pós-operatório ($P < 0.0001$). Concluíram ao relatar que estes resultados devem ser cuidadosamente interpretados uma vez que apenas três estudos foram selecionados. Mencionaram que mais estudos clínicos randomizados serão necessários para confirmar a consistência dos resultados obtidos.

Gaikwad et al., (2022) numa revisão sistemática e meta-análise, os autores investigaram os resultados biomecânicos e histomorfométricos dos implantes após a TOD ter sido utilizada em animais. Foram incluídos nove estudos *in vivo* classificados como de baixo risco/risco pouco claro/alto risco de enviesamento que comparassem o IT, BIC e BAFO entre a TOD e a TC. Concluíram que o IT, o BIC e o BAFO melhoram significativamente nos implantes colocados através da TOD. Citaram que são necessários estudos laboratoriais e clínicos adicionais de alta qualidade para fornecer provas mais evidentes.

6. EXPANSÃO ÓSSEA ALVEOLAR RECORRENDO À TÉCNICA DE OSSEODENSIFICAÇÃO

6.1. Protocolo de Expansão do Rebordo Alveolar

A densificação óssea não irá criar o tecido, apenas otimiza e preserva o tecido já existente. Existe uma necessidade de ≥ 2 mm de volume ósseo trabecular e proporção óssea trabecular/cortical $\geq 1/1$ para alcançar uma expansão plástica previsível. Quanto mais osso cortical existir, mais volume trabecular é necessário para facilitar o processo

de expansão. O rebordo mínimo ideal para expandir é de 4 mm (núcleo trabecular de 2 mm + córtex cortical de 1 mm de cada lado).

Este protocolo é indicado para expandir um rebordo com uma crista estreita e uma base mais larga. Não é indicado no rebordo reabsorvido com uma base estreita.

1. Diagnosticar e avaliar a quantidade de osso trabecular disponível através do CBCT.
2. Dependendo do tipo e do diâmetro do implante selecionado para o local, após uma osteotomia piloto estreita, comece com a broca Densah® mais estreita. Inverta o sentido de rotação do motor cirúrgico - modo de densificação (sentido anti-horário, velocidade de rotação da broca 800 - 1500 RPM com irrigação abundante). Inicie a operação da broca na osteotomia. Quando sentir o feedback háptico da broca, retire a pressão e reaplique, retire repetidamente e reaplique pressão repetidamente com um movimento de vaivém até alcançar a profundidade desejada.

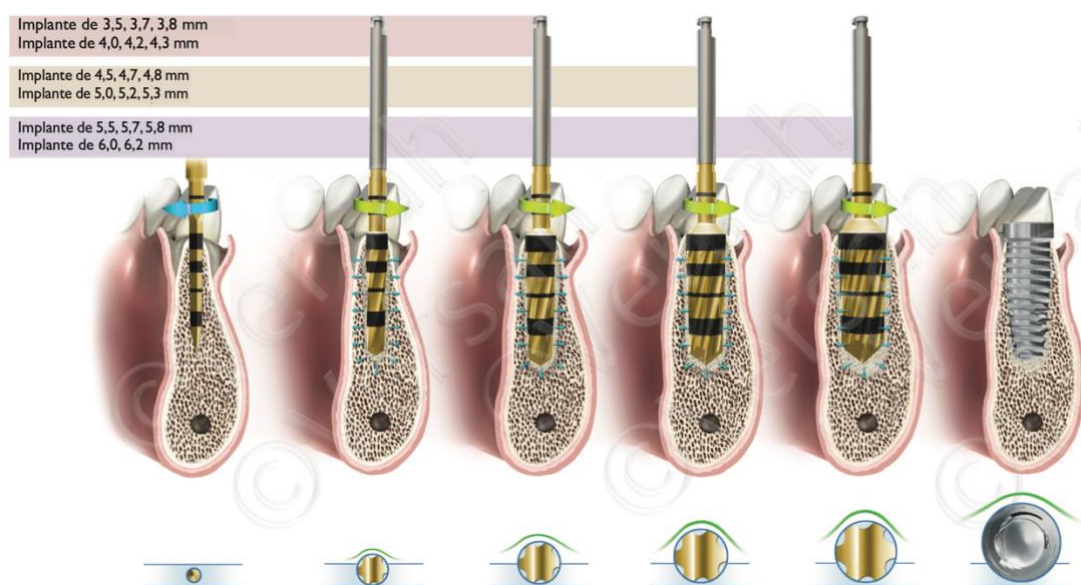


Figura 10. Ilustração do protocolo de expansão do rebordo alveolar. Imagem retirada de (IFU-REV22_Portuguese_Europe, ©2022 Versah, LLC).

3. Use as brocas Densah® em pequenos incrementos. À medida que o diâmetro da broca aumenta, o osso pode expandir-se lentamente até ao diâmetro final. A osteotomia pode ser expandida com uma deiscência óssea mínima, o que pode permitir a colocação total do comprimento do implante em osso autógeno sem exposição da

rosca. As osteotomias mandibulares precisam de ser planeadas e realizadas até 1 mm mais profundo do que o comprimento do implante.

4. Coloque um implante com um diâmetro igual ou ligeiramente maior do que a largura inicial do rebordo (até 0.7 mm maior). Se usar o motor cirúrgico, a unidade poderá parar ao atingir o binário máximo de inserção. Termine de colocar o implante na profundidade obtida com uma catraca dinamométrica. Inclua implantes de diâmetro apropriado no plano de tratamento e tenha-os à mão no dia da cirurgia.
5. Se $< 1.5 - 2$ mm de espessura de osso vestibular tiver resultado após a densificação óssea, realize enxertos de contorno de tecidos duros e moles para aumentar o contorno do implante. A cobertura completa do implante pode ser considerada para o protocolo de cicatrização de duas fases.

Para os casos com largura do rebordo < 4 mm que contenha ≤ 2 mm de volume ósseo trabecular, é necessário que o protocolo de osseodensificação seja associado a uma divisão intraóssea do rebordo e que esta seja tão profunda quanto o comprimento planejado do implante. Esta divisão intraóssea é contraindicada no rebordo reabsorvido com uma base estreita (IFU-REV22_Portuguese_Europe, ©2022 Versah, LLC).

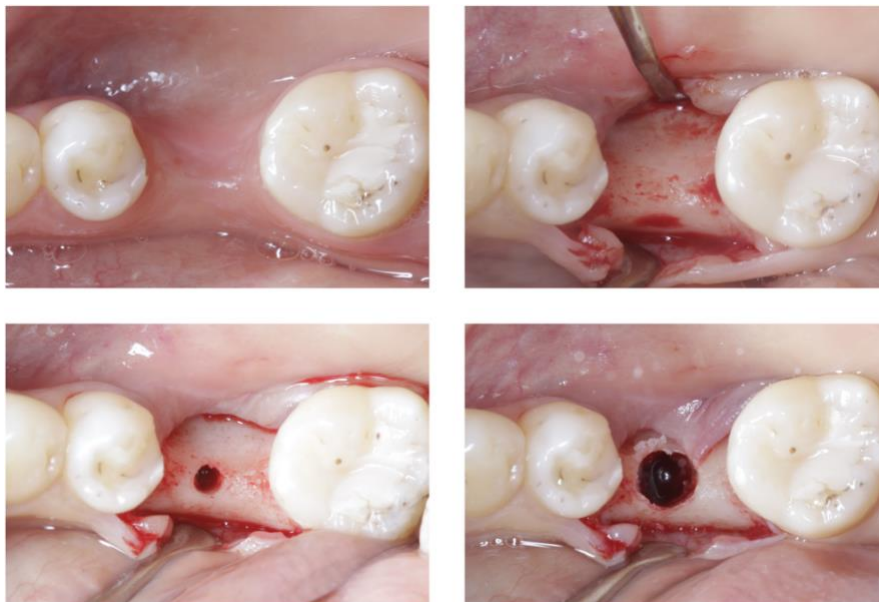


Figura 11. Expansão do rebordo alveolar recorrendo à TOD. Inicial: 3.4 mm. Final: 5 mm. Cortesia do Prof. Doutor Cássio Orth.

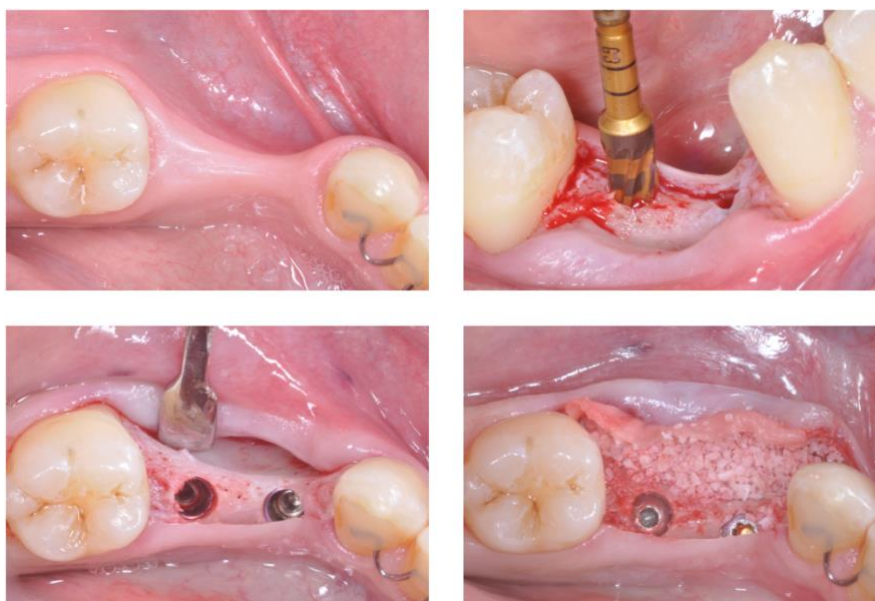


Figura 12. Expansão do rebordo alveolar recorrendo à TOD. Inicial: 3.3 e 2.8 mm. Final: 4.3 e 4 mm. Aplicação de material de enxerto ósseo por vestibular. Cortesia do Prof. Doutor Cássio Orth.

6.2. Evidência Científica

O presente estudo baseia-se numa revisão narrativa com o objetivo de averiguar a evidência existente relativa à osseodensificação como técnica de expansão óssea.

A pesquisa bibliográfica foi efetuada sem a limitação do idioma abrangendo publicações entre 2017 - agosto de 2022, últimos cinco anos, e com recurso ao operador booleano “AND” na Cochrane Library, Google Scholar, PubMed-Medline, ResearchGate e ScienceDirect. As palavras-chave “*Osseodensification*”, “*Alveolar*”, “*Expansion*” e “*Ridge*” foram introduzidas como termos de pesquisa segundo as seguintes combinações: (*Osseodensification*) AND (*Alveolar Expansion*); (*Osseodensification*) AND (*Alveolar Ridge*).

CrITÉRIOS de inclusÃO: estudos realizados em humanos, e, com o intuito de investigar a capacidade de expansão óssea alveolar mediante a técnica proposta, incluindo aqueles que compararam o aumento da dimensão horizontal através da TOD com outras técnicas de preparação do leito implantar.

Crítérios de exclusão: estudos executados em animais, assim como, aqueles efetuados em materiais de simulação óssea. De igual forma, foram excluídos os que não investigaram a capacidade de expansão óssea alveolar mediante a técnica proposta.

Oito artigos foram selecionados, destes, cinco artigos concentraram-se unicamente na TOD como técnica de expansão óssea e três compararam a TOD com outras técnicas. Quatro estudos avaliaram o grau de expansão no osso maxilar e no osso mandibular, três estudos avaliaram o mesmo efeito no osso maxilar e somente um avaliou no osso mandibular. Dos oito artigos incluídos, um artigo comparativo não integrou valores médios de expansão óssea, dois obtiveram resultados de expansão positivos e os restantes confirmaram resultados estatisticamente significativos entre o valor pré-expansão e pós-expansão, sendo estes, inferiores ao nível de significância proposto de $P < 0.05$.

	Autor e Ano de Publicação	Título da Publicação	Nº de Implantes Colocados em Rebordos Alveolares Estreitos Após TOD e Região
1	Gaspar et al., 2018	<i>Osseodensification for Implant Site Preparation in the Maxilla- A Prospective Study of 97 Implants</i>	60 - Maxila
2	Agha e El-Mohandes, 2019	<i>Evolution of Implant Placement in Narrow Alveolar Ridge Using Versah Drills</i>	20 Maxila Mandíbula
3	Koutouzis et al., 2019	<i>Alveolar Ridge Expansion by Osseodensification-Mediated Plastic Deformation and Compaction Autografting: A Multicenter Retrospective Study</i>	15 - Maxila 13 - Mandíbula
4	Fonseca Marão et al., 2019	<i>Alveolar Ridge Expansion – Comparative Study of Summers and Osseodensification Techniques</i>	5 - Maxila
5	Isik e Gunbay, 2020	<i>Hard Tissue Changes by Osseodensification Technique in Narrow Alveolar Ridges: A Pilot Study</i>	22 - Mandíbula

6	Jarikian et al., 2021	<i>Clinical Evaluation of Two Techniques for Narrow Alveolar Ridge Expansion: Clinical Study</i>	14 Maxila Mandíbula
7	Salman e Bede, 2022	<i>The Use of Osseodensification for Ridge Expansion and Dental Implant Placement in Narrow Alveolar Ridges: A Prospective Observational Clinical Study</i>	21 - Maxila 19 - Mandíbula
8	Abdel- Rahman et al., 2022	<i>Efficacy of Osseodensification versus Expander Technique for Alveolar Ridge Expansion: A 3-Years Randomised Controlled Trial</i>	7 - Maxila

Tabela 4. Explanados os artigos que corresponderam aos critérios de inclusão propostos. Exposição do autor como também o título e ano da publicação. Apresentado o número de implantes colocados após a TOD ter sido realizada e em que região óssea.

Gaspar et al., (2018) investigaram no seu estudo prospetivo o desempenho da TOD em diferentes situações clínicas no osso maxilar mediante a colocação de noventa e sete implantes em quarenta e um pacientes. O primeiro grupo, constituído por vinte e quatro pacientes, apresentando rebordos alveolares com a dimensão horizontal reduzida (3.2 - 5.1 mm), recebeu sessenta implantes. Foi realizado um procedimento de regeneração óssea guiado para aumentar o contorno em todos os casos após a expansão do rebordo. Os autores relataram que um ganho de 1.1 a 2.4 mm foi alcançado, representando um valor médio de expansão de 1.6 mm. Constataram que a expansão é mais notória e previsível em cristas alveolares estreitas. Também, relataram que a TOD como técnica de expansão óssea pode ser clinicamente relevante na minimização de deiscências ou fenestrações.

Agha e El-Mohandes (2019) por meio da colocação de vinte implantes em vinte pacientes com largura insuficiente do rebordo alveolar no osso maxilar e no osso mandibular, compararam os valores médios da dimensão horizontal do rebordo alveolar em três pontos temporais distintos (pós-operatório imediato, três meses após o pós-operatório e seis meses após o pós-operatório) com o valor médio obtido no pré-operatório (4.37 ± 0.58 mm). No pós-operatório imediato registaram um valor médio de

6.84 ± 0.67 mm, mantendo-se o mesmo estável aos três meses e diminuindo ligeiramente aos seis meses (6.72 ± 0.68 mm). Referem que o resultado é considerado estatisticamente significativo se o valor-*P* for $P < 0.05$, porém, não mencionaram a cifra obtida. Os autores concluíram que a TOD permite a expansão do rebordo alveolar de uma forma simples e não invasiva.

Koutouzis et al., (2019) publicaram as conclusões deste estudo em formato póster na *American Academy of Periodontology 101st Annual Meeting* em novembro de 2015 (www.versah.com). Avaliaram no seu estudo retrospectivo a expansão óssea alveolar após o protocolo de perfuração não-subtrativa no osso maxilar e no osso mandibular. Mediram os rebordos alveolares numa posição coronal e numa posição apical (10 mm), antes e depois da TOD. Os vinte e um pacientes incluídos neste estudo foram distribuídos em três grupos criados consoante as dimensões iniciais da crista alveolar: primeiro grupo (3 - 4 mm); segundo grupo (5 - 6 mm); terceiro grupo (7 - 8 mm). A nível coronal, o primeiro grupo alcançou um valor médio de expansão de 2.83 ± 0.66 mm, e, o segundo e terceiro grupo alcançaram um valor médio de expansão de 1.5 ± 0.97 e 1.14 ± 0.89 mm, respetivamente. A nível coronal, a diferença do grau de expansão foi estatisticamente significativa entre o grupo 1 e o grupo 2, assim como, entre o grupo 1 e o grupo 3 (valor-*P* inferior ao nível de significância sugerido $P < 0.05$). A nível apical, não houve diferença significativa no valor médio de expansão. Explicaram o porquê de a expansão óssea ser mais notória a coronal da osteotomia comparativamente a apical. O comportamento do tecido ósseo nas duas posições difere no que toca à capacidade de absorver a tensão aplicada mediante as brocas densificantes. A relação da densidade e espessura das tábuas ósseas corticais, e, o volume de osso trabecular, são fatores críticos que determinam o nível de deformação plástica, e, de igual modo, a amplitude de expansão óssea alcançada. Não obstante, a configuração cónica da broca pode ser outro fator responsável por este efeito. A apical a osteotomia é preparada com a porção mais estreita e a coronal com a porção mais larga, resultando numa maior tensão aplicada nos primeiros milímetros do rebordo alveolar. Relataram também o infortúnio expressado em microfraturas que poderá acontecer nas tábuas ósseas corticais na ausência de suficiente volume ósseo trabecular, recomendando o uso de enxertos para melhorar o contorno e a cicatrização em duas fases. Os autores reconheceram que a expansão óssea alveolar é mais evidente numa posição mais coronal comparativamente a uma posição mais apical, e, um maior grau de

expansão pode ser auferido em cristas alveolares estreitas. Salientaram que a presença de um volume adequado de osso trabecular é desejável para que a expansão seja previsível.

Fonseca Marão et al., (2019) compararam a técnica do ostétomo de *Summers* (TOS) com a TOD para avaliar a quantidade de expansão óssea adquirida na região posterior maxilar. Três pacientes receberam dez implantes. Destes, cinco implantes foram colocados utilizando a TOS e os restantes cinco foram colocados utilizando a TOD. Em cada paciente foram colocados pelo menos dois implantes. Os implantes foram colocados em lados opostos, e em cada lado foi realizada uma das técnicas. Mediram a espessura da crista antes da colocação dos implantes, no pós-operatório imediato e seis meses após o pós-operatório. Concluíram não haver diferenças estatísticas entre as duas técnicas, no entanto, valores de pré-expansão e pós-expansão não foram apresentados no estudo, assim como os valores propostos para se poder realizar o estudo estatístico.

Isik e Gunbay, (2020) examinaram no seu estudo prospectivo as alterações da espessura óssea produzidas após a TOD. Treze pacientes apresentando uma espessura óssea residual inferior a 5 mm na região posterior mandibular receberam vinte e dois implantes. Recorreram à aplicação de um pequeno enxerto no aspeto vestibular de três implantes. O valor médio da dimensão horizontal no momento pré-operatório, 3.5 mm (intervalo de 3 - 4 mm), aumento para 5 mm (intervalo de 5 - 6 mm) no momento pós-operatório. A diferença foi estatisticamente significativa, sendo $P = 0.001$ para um valor de nível de significância de $P < 0.05$. Os autores afirmaram que a TOD mostrou resultados positivos para as dimensões ósseas alveolares com ausência de deiscências ou fenestrações. Ressaltaram que esta técnica pode eliminar a necessidade de materiais de enxerto ósseo.

Jarikian et al., (2021) compararam a técnica dos expansores rosqueados (TER) com a TOD para avaliar a quantidade de expansão óssea adquirida. Onze pacientes apresentando uma espessura óssea residual entre 4 - 5 mm e com pelo menos 2 mm de volume ósseo trabecular sem concavidades da tábua óssea cortical vestibular receberam vinte e oito implantes. Os critérios anteriormente descritos foram tanto para o osso maxilar como para o osso mandibular. Destes, catorze implantes foram colocados utilizando a TER e os restantes catorze foram colocados utilizando a TOD. A espessura da crista foi medida antes da colocação dos implantes e no pós-operatório imediato. A média

dos valores de expansão óssea foi estatisticamente superior (valor- P inferior a $P < 0.05$) no grupo TOD (2.36 ± 0.31 mm) do que no grupo TER (1.50 ± 0.28 mm). Os autores mencionaram que os seus resultados vão ao encontro dos resultados publicados por Gaspar et al., (2018). Concluíram que a TOD é uma forma segura e previsível de expandir as cristas alveolares estreitas sem causar deiscências ou fenestrações.

Salman e Bede, (2022) investigaram no seu estudo prospetivo a capacidade da TOD como técnica de expansão óssea alveolar. Vinte e três pacientes apresentando uma espessura da crista óssea entre 3 - 5 mm, com pelo menos 2 mm de volume ósseo trabecular, uma relação 1/1 de osso trabecular para osso cortical, e, sem presença de concavidades na tábua óssea cortical vestibular, receberam quarenta implantes. Os critérios anteriormente descritos foram tanto para o osso maxilar como para o osso mandibular. Realizaram a aplicação de material de enxerto quando a tábua óssea cortical vestibular apresentava < 1.5 mm de espessura. O rebordo alveolar foi medido antes da colocação dos implantes e no pós-operatório imediato. O valor médio pré-expansão, 4.04 ± 0.7 mm, aumentou consideravelmente para 5.3 ± 0.51 mm, valor médio pós-expansão ($P < 0.001$ para um nível de significância de $P < 0.05$). Salientaram a diferença estatisticamente significativa da quantidade de expansão óssea entre o osso maxilar e o osso mandibular, 1.43 ± 0.43 mm e 1.13 ± 0.33 mm respetivamente ($P = 0.017$ para $P < 0.05$), propondo que a diferença pode ser atribuída à quantidade limitada de osso trabecular na região da crista mandibular, esta que se caracteriza por ser mais cortical em comparação com o osso maxilar. Concordaram com as declarações publicadas por Koutouzis et al., (2019). Obtiveram de igual forma os resultados obtidos por Gaspar et al., (2018) e Koutouzis et al., (2019), onde cristas alveolares estreitas alcançam um maior grau de expansão óssea e que TOD evidenciou resultados positivos para a ausência de deiscências ou fenestrações. Recomendaram a seleção adequada dos pacientes e a adesão às instruções do fabricante para executar o protocolo de expansão do rebordo alveolar de maneira previsível.

Abdel-Rahman et al., (2022) compararam a TER com a TOD para avaliar a quantidade de expansão óssea adquirida no osso maxilar. Catorze pacientes com volume ósseo horizontal adequado foram divididos em dois grupos, e cada grupo recebeu sete implantes. A espessura do rebordo alveolar foi medida numa posição coronal e numa posição apical antes da colocação dos implantes e no pós-operatório imediato. O grupo

TER apresentou uma espessura do rebordo alveolar coronal inicial de 4.84 ± 0.75 mm e apicalmente de 8.14 ± 2.28 mm. O grupo TOD apresentou a coronal 4.30 ± 0.71 mm e a apical 6.58 ± 1.27 mm. Os valores obtidos pós-expansão numa posição coronal resultaram em 5.92 ± 0.77 mm para o grupo TER e de 6.16 ± 0.54 mm para o grupo TOD, e, numa posição apical, 9.01 ± 2.33 mm para o grupo TER e 7.61 ± 1.49 mm para o grupo TOD. Os valores médios de expansão óssea no grupo TER foram de 1.08 ± 0.23 mm a coronal e de 0.87 ± 0.22 mm a apical. Os valores médios de expansão óssea no grupo TOD foram de 1.86 ± 0.27 mm a coronal e de 1.03 ± 0.50 mm a apical. A expansão óssea do grupo TOD numa posição coronal foi estatisticamente significativa ($P = 0.0001$ para um nível de significância de $P < 0.05$), porém, o mesmo não se observou numa posição apical ($P = 0.423$). Concluíram que a TOD é uma técnica previsível para expandir cristas estreitas e limita o recurso a enxertos ósseos com a finalidade de aumentar a quantidade óssea.

Unicamente quatro implantes ficaram não osteointegrados, dois no estudo de Gaspar et al., (2018) e dois no estudo de Koutouzis et al., (2019).

III. CONCLUSÕES

A osseodensificação surge como uma nova técnica de preparação do leito implantar capaz de preservar e otimizar o tecido ósseo disponível, influenciando positivamente a estabilidade primária do implante, e conseqüentemente, o prognóstico da estabilidade total.

Posteriormente à análise da literatura existente referente à osseodensificação como técnica de expansão óssea alveolar, é possível afirmar que existe um aumento da dimensão horizontal do rebordo alveolar após executar o protocolo de perfuração não subtrativo. No entanto, é necessário ter em conta algumas considerações.

A relação da densidade e espessura das tábuas ósseas corticais, e, o volume de osso trabecular, são fatores críticos que determinam o nível de deformação plástica e o grau de expansão óssea.

A técnica de osseodensificação é uma forma segura e previsível de expandir o osso alveolar desde que seja bem selecionado o caso e se respeite as instruções do protocolo de expansão.

A expansão é mais notória em cristas alveolares estreitas, em osso maxilar, não causa deiscências ou fenestrações, e, dependendo da circunstância, pode limitar o recurso a enxertos ósseos.

Contudo, mais estudos clínicos retrospectivos e prospectivos detalhados seriam interessantes para confirmar a consistência dos resultados expostos neste trabalho, assim como, acrescentar nova informação, como por exemplo: qual o valor médio de expansão previsível de alcançar num rebordo alveolar com “x” milímetros de espessura e “y” unidades Hounsfield através da técnica de osseodensificação.

IV. BIBLIOGRAFIA

- Abdel-Rahman, F. H., Yousef, E. A., Tawfik, M. A., & Maria, O. M. (2022). Efficacy of Osseodensification versus Expander Technique for Alveolar Ridge Expansion: A 3-Years Randomised Controlled Trial. *Journal of International Dental and Medical Research*, 15(2), 630–640. <http://www.jidmr.com>
- Abrahamsson, I., Carcuac, O., & Berglundh, T. (2021). Influence of implant geometry and osteotomy design on early bone healing: A pre-clinical in vivo study. *Clinical Oral Implants Research*, 32(10), 1190–1199. <https://doi.org/10.1111/clr.13816>
- Agha, M. M., & El-Mohandes, W. A. (2019). EVOLUTION OF IMPLANT PLACEMENT IN NARROW ALVEOLAR RIDGE USING VERSAH DRILLS. *Al-Azhar Journal of Dental Science*, 22(3), 247–251.
- Albrektsson, T., Chrcanovic, B., Östman, P.-O., & Sennerby, L. (2017). Initial and long-term crestal bone responses to modern dental implants. *Periodontology 2000*, 73(1), 41–50. <https://doi.org/10.1111/prd.12176>
- Albrektsson, T., & Wennerberg, A. (2019). On osseointegration in relation to implant surfaces. Em *Clinical Implant Dentistry and Related Research* (Vol. 21, Issue S1, pp. 4–7). Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1111/cid.12742>
- Antonacci, D., del Fabbro, M., Bollero, P., Stocchero, M., Jinno, Y., & Canullo, L. (2022). Clinical effects of conventional and underprepared drilling preparation of the implant site based on bone density: A systematic review and meta-regression. *Journal of Prosthodontic Research*. https://doi.org/10.2186/jpr.JPR_D_21_00275
- Araújo, M. G., Silva, C. O., Souza, A. B., & Sukekava, F. (2019). Socket healing with and without immediate implant placement. Em *Periodontology 2000* (Vol. 79, Issue 1, pp. 168–177). Blackwell Munksgaard. <https://doi.org/10.1111/prd.12252>

- Bartold, M., Gronthos, S., Haynes, D., & Ivanovski, S. (2019). Mesenchymal stem cells and biologic factors leading to bone formation. *Journal of Clinical Periodontology*, 46(S21), 12–32. <https://doi.org/10.1111/jcpe.13053>
- Bonfante, E. A., Jimbo, R., Witek, L., Tovar, N., Neiva, R., Torroni, A., & Coelho, P. G. (2019). Biomaterial and biomechanical considerations to prevent risks in implant therapy. *Em Periodontology 2000* (Vol. 81, Issue 1, pp. 139–151). Blackwell Munksgaard. <https://doi.org/10.1111/prd.12288>
- Bosshardt, D. D., Chappuis, V., & Buser, D. (2017). Osseointegration of titanium, titanium alloy and zirconia dental implants: current knowledge and open questions. *Periodontology 2000*, 73(1), 22–40. <https://doi.org/10.1111/prd.12179>
- Buser, D., Sennerby, L., & de Bruyn, H. (2017). Modern implant dentistry based on osseointegration: 50 years of progress, current trends and open questions. *Em Periodontology 2000* (Vol. 73, Issue 1, pp. 7–21). Blackwell Munksgaard. <https://doi.org/10.1111/prd.12185>
- Charatchaiwanna, A., Rojsiraphisa, T., Aunmeungtong, W., Reichart, P. A., & Khongkhunthian, P. (2019). Mathematical equations for dental implant stability patterns during the osseointegration period, based on previous resonance frequency analysis studies. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 21(5), 1028–1040. <https://doi.org/10.1111/cid.12828>
- Chen, M. (2019). Clinical Significance of the Use of Resonance Frequency Analysis in Assessing Implant Stability: A Systematic Review. *The International Journal of Prosthodontics*, 32(1), 51–58. <https://doi.org/10.11607/ijp.6048>
- Chiapasco, M., & Casentini, P. (2018). Horizontal bone-augmentation procedures in implant dentistry: prosthetically guided regeneration. *Em Periodontology 2000* (Vol. 77, Issue 1, pp. 213–240). Blackwell Munksgaard. <https://doi.org/10.1111/prd.12219>

- de Elío Oliveros, J., del Canto Díaz, A., del Canto Díaz, M., Orea, C. J., del Canto Pingarrón, M., & Calvo, J. S. (2020). Alveolar Bone Density and Width Affect Primary Implant Stability. *Journal of Oral Implantology*, 46(4), 389–395. <https://doi.org/10.1563/AAID-JOI-D-19-00028>
- Di Stefano, D. A., Arosio, P., Capparè, P., Barbon, S., & Gherlone, E. F. (2021). Stability of Dental Implants and Thickness of Cortical Bone: Clinical Research and Future Perspectives. A Systematic Review. *Em Materials* (Vol. 14, Issue 23). MDPI. <https://doi.org/10.3390/ma14237183>
- Duong, H. Y., Rocuzzo, A., Stähli, A., Salvi, G. E., Lang, N. P., & Sculean, A. (2022). Oral health-related quality of life of patients rehabilitated with fixed and removable implant-supported dental prostheses. *Em Periodontology 2000* (Vol. 88, Issue 1, pp. 201–237). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1111/prd.12419>
- Fonseca Marão, H., Castro Pimentel, A., Lessa Brandão, T., Vinicius Gonçalves Roman Torres, C., & Roberto Sendyk, W. (2019). Alveolar ridge expansion – Comparative study of summers and osseodensification techniques. *Clinical Oral Implants Research*, 30(S19), 447–447. https://doi.org/10.1111/clr.402_13509
- Gaikwad, A. M., Joshi, A. A., & Nadgere, J. B. (2022). Biomechanical and histomorphometric analysis of endosteal implants placed by using the osseodensification technique in animal models: A systematic review and meta-analysis. *Em Journal of Prosthetic Dentistry* (Vol. 127, Issue 1, pp. 61–70). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2020.07.004>
- Gaspar, J., Esteves, T., Rui Gaspar, ;, Rua, J., & Mendes, ; J João. (2018). Osseodensification for implant site preparation in the maxilla—a prospective study of 97 implants. *Clinical Oral Implants Research*, 29(S27), 163–163. https://doi.org/10.1111/clr.48_13358
- Gaspar, J., Proença, L., Botelho, J., Machado, V., Chambrone, L., Neiva, R., & Mendes, J. (2021). Implant Stability of Osseodensification Drilling Versus Conventional

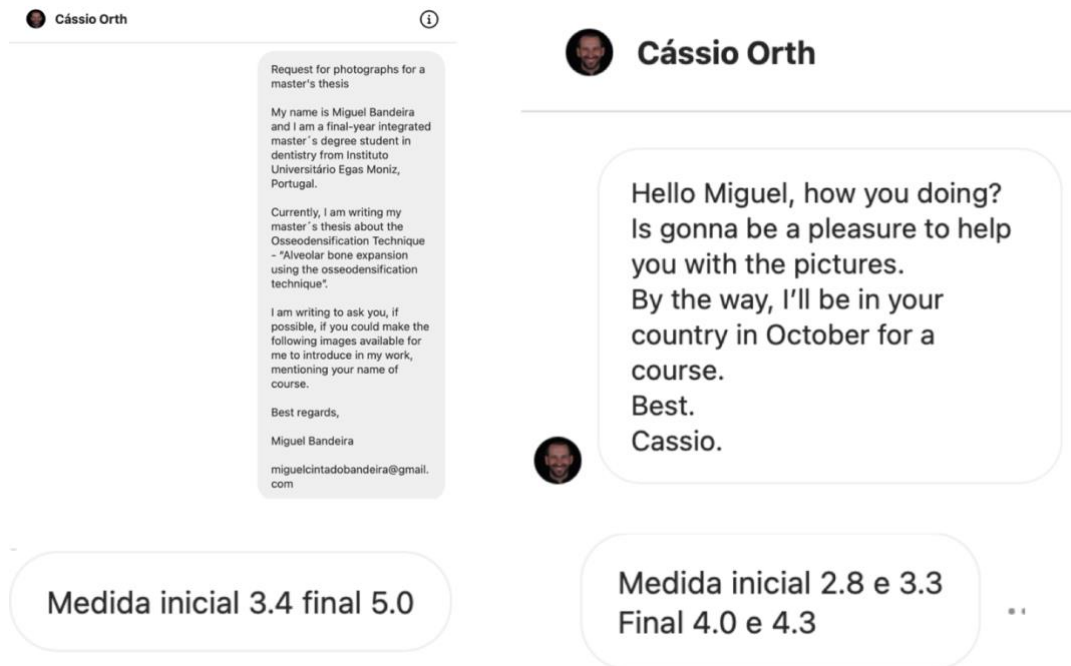
- Surgical Technique: A Systematic Review. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 36(6), 1104–1110. <https://doi.org/10.11607/jomi.9132>
- Greenstein, G., Cavallaro, J., & Tarnow, D. P. (2019). Dental Implantology: Numbers Clinicians Need to Know. *Compendium of Continuing Education in Dentistry*, 40(5). <https://www.researchgate.net/publication/332971664>
- Hsi Hong, H., Chang Gung Memorial Hospital Linkou Branch Linkou, D., Taiwan, T., Ting Lin, Y., Adrienne Hong, D., Ying Chin Peng, B., & Hsiang Hsi Hong, M. (2017). The Developing Stability of Posterior Mandibular Implants Placed With OsteotomeExpansion Technique Compared toConventional Drilling Techniques. *The Journal of Oral Implantology*, 43(2), 131–138. <https://doi.org/10.1563/aaid-joi-D-16-00101>
- Huwais, S., & Meyer, E. G. (2017). A Novel Osseous Densification Approach in Implant Osteotomy Preparation to Increase Biomechanical Primary Stability, Bone Mineral Density, and Bone-to-Implant Contact. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 32(1), 27–36. <https://doi.org/10.11607/jomi.4817>
- Inchingolo, A. D., Inchingolo, A. M., Bordea, I. R., Xhajanka, E., Romeo, D. M., Romeo, M., Zappone, C. M. F., Malcangi, G., Scarano, A., Lorusso, F., Isacco, C. G., Marinelli, G., Contaldo, M., Ballini, A., Inchingolo, F., & Dipalma, G. (2021). The effectiveness of osseodensification drilling protocol for implant site osteotomy: A systematic review of the literature and meta-analysis. *Em Materials* (Vol. 14, Issue 5, pp. 1–20). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/ma14051147>
- Instruções de utilização da broca Densah® (IFU-REV22_Portuguese_Europe. ©2022 Versah, LLC)
- Isik, G., & Gunbay, T. (2020). Hard tissue changes by osseodensification technique in narrow alveolar ridges: a pilot study. *Clinical Oral Implants Research*, 31(S20), 271–271. https://doi.org/10.1111/clr.209_13644

- Jarikian, S., Jaafar, M. H., Al, Z., & Al-Nerabieah, Z. (2021). Clinical Evaluation of Two Techniques for Narrow Alveolar Ridge Expansion: Clinical Study. *International Journal of Dentistry and Oral Science (IJDOS)*, 8(1), 1047–1052. <https://scidoc.org/IJDOS.php>
- Kenkre, J., & Bassett, J. (2018). The bone remodelling cycle. *Annals of Clinical Biochemistry*, 55(3), 308–327. <https://doi.org/10.1177/0004563218759371>
- Kotsakis, G. A., & Romanos, G. E. (2022). Biological mechanisms underlying complications related to implant site preparation. *Em Periodontology 2000* (Vol. 88, Issue 1, pp. 52–63). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1111/prd.12410>
- Koutouzis, T., Huwais, S., Hasan, F., Trahan, W., Waldrop, T., & Neiva, R. (2019). Alveolar Ridge Expansion by Osseodensification-Mediated Plastic Deformation and Compaction Autografting: A Multicenter Retrospective Study. *Implant Dentistry*, 28(4), 349–355. <https://doi.org/10.1097/ID.0000000000000898>
- Laney, W., Brogini, N., Buser, D., Cochran, D., Garcia, L., Giannobile, W., Hjørting-Hansen, E., Taylo, T., Cirelli, J., Dula, K., Jung, R., & Yanase, R. (2017). Glossary of Oral and Maxillofacial Implants. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 32(4), Gi-G200. <https://doi.org/10.11607/jomi.2017.4.gomi>
- Lang, N. P. (2019). Oral Implants: The Paradigm Shift in Restorative Dentistry. *Journal of Dental Research*, 98(12), 1287–1293. <https://doi.org/10.1177/0022034519853574>
- Lerner, U. H., Kindstedt, E., & Lundberg, P. (2019). The critical interplay between bone resorbing and bone forming cells. *Journal of Clinical Periodontology*, 46(S21), 33–51. <https://doi.org/10.1111/jcpe.13051>
- Mei, C. C., Lin, Y. T., Chang, C. C., Hong, A., & Hong, H. H. (2022). The developing patterns of calibrated implant stability quotients of posterior implants. *Journal of Dental Sciences*, 17(1), 241–248. <https://doi.org/10.1016/j.jds.2021.04.009>

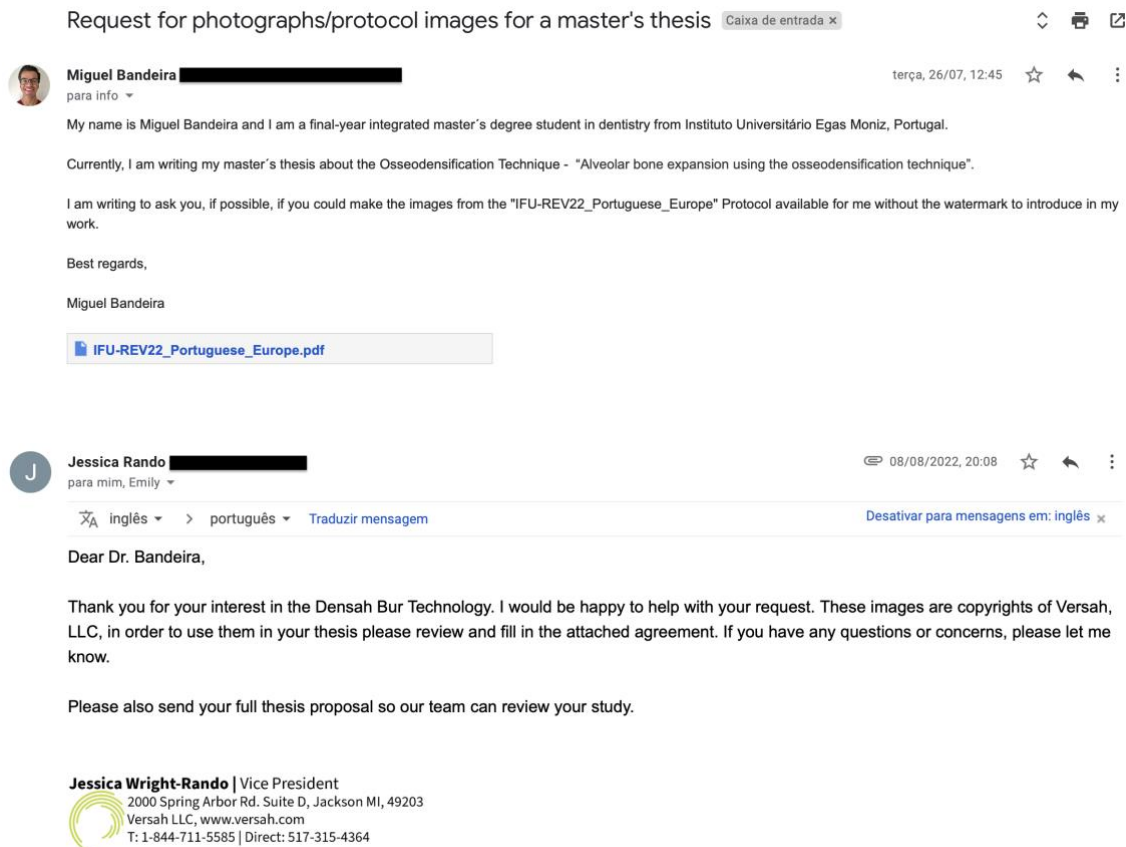
- Monje, A., Ravidà, A., Wang, H.-L., Helms, J., & Brunski, J. (2019). Relationship Between Primary/Mechanical and Secondary/Biological Implant Stability. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 34, s7–s23. <https://doi.org/10.11607/jomi.19suppl.g1>
- Pérez-Pevida, E., Brizuela-Velasco, A., Chávarri-Prado, D., Diéguez-Pereira, M., Jiménez-Garrudo, A., Montalbán-Vadillo, O., Viteri-Agustín, I., Estrada-Martínez, A., & Santamaría-Arrieta, G. (2019). Influence of time on primary stability of dental implants placed with osteotomes due to the elastic properties of peri-implant bone. *Journal of Dental Sciences*, 14(4), 358–364. <https://doi.org/10.1016/j.jds.2019.04.004>
- Planinić, D., Dubravica, I., Šarac, Z., Poljak-Guberina, R., Celebic, A., Bago, I., Cabov, T., & Peric, B. (2021). Comparison of different surgical procedures on the stability of dental implants in posterior maxilla: A randomized clinical study. *Journal of Stomatology, Oral and Maxillofacial Surgery*, 122(5), 487–493. <https://doi.org/10.1016/j.jormas.2020.08.004>
- R, A., Koduganti, R. R., Harika, T. S. L., & Rajaram, H. (2022). Ridge Augmentation Is a Prerequisite for Successful Implant Placement: A Literature Review. *Cureus*, 14(1), e20872. <https://doi.org/10.7759/cureus.20872>
- Salman, R. D., & Bede, S. Y. (2022). The Use of Osseodensification for Ridge Expansion and Dental Implant Placement in Narrow Alveolar Ridges: A Prospective Observational Clinical Study. *The Journal of Craniofacial Surgery*, 33(00), 00–00. <https://doi.org/10.1097/SCS.00000000000008624>
- Sculean, A., Stavropoulos, A., & Bosshardt, D. D. (2019). Self-regenerative capacity of intra-oral bone defects. *Journal of Clinical Periodontology*, 46(S21), 70–81. <https://doi.org/10.1111/jcpe.13075>
- Shemtov-Yona, K. (2021). Quantitative assessment of the jawbone quality classification: A meta-analysis study. *PLoS ONE*, 16(6 June 2021). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0253283>

- Slete, F. B., Olin, P., & Prasad, H. (2018). Histomorphometric comparison of 3 osteotomy techniques. *Implant Dentistry*, 27(4), 424–428. <https://doi.org/10.1097/ID.0000000000000767>
- Starch-Jensen, T., & Becktor, J. P. (2019). Maxillary Alveolar Ridge Expansion with Split-Crest Technique Compared with Lateral Ridge Augmentation with Autogenous Bone Block Graft: a Systematic Review. *Journal of Oral and Maxillofacial Research*, 10(4). <https://doi.org/10.5037/jomr.2019.10402>
- Tolstunov, L., Hamrick, J. F. E., Broumand, V., Shilo, D., & Rachmiel, A. (2019). Bone Augmentation Techniques for Horizontal and Vertical Alveolar Ridge Deficiency in Oral Implantology. *Em Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America* (Vol. 31, Issue 2, pp. 163–191). W.B. Saunders. <https://doi.org/10.1016/j.coms.2019.01.005>
- Tretto, P. H. W., Fabris, V., Cericato, G. O., Sarkis-Onofre, R., & Bacchi, A. (2019). Does the instrument used for the implant site preparation influence the bone-implant interface? A systematic review of clinical and animal studies. *International Journal of Oral & Maxillofacial Surgery*, 48(1), 97–107. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2018.04.005>
- Wang, S. H., Shen, Y. W., Fuh, L. J., Peng, S. L., Tsai, M. T., Huang, H. L., & Hsu, J. T. (2020). Relationship between Cortical Bone Thickness and Cancellous Bone Density at Dental Implant Sites in the Jawbone. *Diagnostics*, 10(9). <https://doi.org/10.3390/diagnostics10090710>

V. ANEXOS



Anexo 1. Informações e autorização para o uso das fotografias cedidas do Prof. Doutor Cássio Orth.





Miguel Bandeira

para info

sexta, 23/09, 12:46 (há 3 dias) ☆ ↶ ⋮

My name is Miguel Bandeira and I am a final-year integrated master's degree student in dentistry from Instituto Universitário Egas Moniz, Portugal.

Currently, I am writing my master's thesis about the Osseodensification Technique - "Alveolar bone expansion using the osseodensification technique".

I am writing to ask you, if possible, if you could make the images from the "IFU-REV22_Portuguese_Europe" Protocol available for me without the watermark to introduce in my work, which I have to submit until September 30th.

Attached is the permission document for the use of the protocol that you sent me last month signed by me, as well as the thesis.

Best regards,

Miguel Bandeira



Anexo 2. Pedido de autorização para utilizar as imagens do protocolo IFU-REV22_Portuguese_Europe da ©2022 Versah, LLC.