



AVALIAÇÃO TÉRMICA PROVOCADA PELA FURAÇÃO NO TECIDO ÓSSEO

CÁTIA S. T. SAMPAIO¹, ELZA M. M. FONSECA¹, RUI CERQUEIRA², NELSON FERREIRA³

¹Escola Superior de Tecnologia e de Gestão
Instituto Politécnico de Bragança
Campus de Sta. Apolónia Apart. 134
5301-857 Bragança, Portugal

²Médico Dentista

³Fisioestação

(Recibido 20 de febrero de 2015, revisado 11 de mayo de 2015, para publicación 14 de mayo de 2015)

Resumo – Este trabalho tem como objetivo avaliar o efeito da temperatura no osso devido ao aquecimento provocado pelo processo de furação. Foram realizadas visitas a duas clínicas para acompanhamento da técnica de implantologia dentária e recolhidas imagens termográficas para a leitura da temperatura gerada na broca após o processo de furação. Na colocação de implantes dentários por exemplo, as variáveis que interferem no processo de furação do osso são: a velocidade, o material, o diâmetro, o comprimento e a geometria da ponta da broca. Com este trabalho pretende-se verificar, experimental e numericamente, as variáveis que interferem no aquecimento da estrutura óssea. Para isso, são utilizados materiais compósitos com características similares ao osso cortical e trabecular. A metodologia apresentada revela-se útil e diferenciadora de outros trabalhos, pois são utilizados materiais com características similares aos materiais in vivo. Os métodos experimentais utilizados em laboratório são baseados nas técnicas de termografia e termopares durante a furação dos diferentes materiais. Paralelamente, são utilizados modelos teóricos numéricos, com o recurso à técnica de elementos finitos, para a discussão de resultados. Após a elaboração do trabalho conclui-se que a temperatura na broca é superior à temperatura no osso e aumenta consoante a estrutura do material, isto é, se o material possuir cavidades na sua estrutura a temperatura na broca não é tão elevada como no material compacto.

Palavras-chave – Implantologia, necrose, termografia, termopares, elementos finitos.

1. INTRODUÇÃO

A prótese sobre implante (fixa ou removível) é hoje em dia uma técnica muito utilizada para resolver o problema da falta de um ou mais dentes. Assim, torna-se necessário conhecer alguns aspetos importantes sobre esta técnica.

O médico dentista, além da história clínica do paciente, solicita a realização de exames prévios como a TC (*dental scan*) de forma a ter informações relativas às dimensões do tecido ósseo (altura e largura), para fazer um estudo implantológico. De uma forma geral, o tecido ósseo é o principal componente do esqueleto humano, sendo o mais rígido e resistente. Embora com uma estrutura relativamente leve, a sua arquitetura permite suportar forças consideráveis, resultantes do peso do corpo e da ação muscular. O osso, principal componente do sistema esquelético, difere dos restantes tecidos pelas suas características mecânicas, que incluem a rigidez, por apresentar baixa deformação em condição de carga; e pela resistência na capacidade em suportar elevadas cargas axiais sem fraturar. Estas características permitem a sustentação, a proteção das partes moles, a locomoção e o funcionamento mecânico dos membros [1].

Na colocação de implantes dentários, e caso exista uma estrutura óssea suficiente para suporte do implante, procede-se à colocação do mesmo. A colocação de implantes inclui diferentes fases. A primeira consiste em efetuar uma pequena incisão na gengiva e expor o osso para que seja possível a brocagem (furação óssea). Esta é realizada com brocas de diferentes diâmetros e formatos, começando com diâmetros mais pequenos e posteriormente diâmetros maiores, dependendo do protocolo seguido pelo médico

dentista. O processo de brocagem é realizado com fluidos de irrigação ou água destilada e brocas frias, para que a operação de brocagem se inicie e não provoque necrose térmica (morte celular). As velocidades de rotação da broca podem ser diversas. O segundo passo é a colocação do implante, onde irá ser colocado um pino (parafuso/implante) em titânio (o mais utilizado) que vai sustentar a reabilitação protética. O implante é colocado por transferes com velocidades muito inferiores à da furação. A osteointegração demora cerca de três meses ou mais, caso haja a necessidade de colocação de enxerto ósseo é necessário mais tempo. Neste passo, é colocado o parafuso de cicatrização para numa próxima fase este ser retirado após moldagem, se proceder à colocação de um suporte para a prótese do dente e ser colocada a coroa dentária. A coroa dentária é fixada ao suporte por cimentação ou aparafusada, conforme os casos clínicos. Por vezes é feita uma prótese provisória por uma questão de estética, no caso do implante ser na parte frontal da boca.

Durante a brocagem promove-se o aumento da temperatura da broca devido à fricção, aquecendo o tecido ósseo adjacente, podendo provocar a necrose óssea térmica. A necrose é a morte de uma célula ou parte de um tecido, sendo irreversível. A necrose ocorre quando a temperatura aumenta acima de um limiar [2]. Alguns estudos demonstraram que o aquecimento ósseo acima de 47°C por 1 minuto ou 50°C por 30 segundos leva à morte das células [3]. Assim, torna-se necessário ter em atenção algumas variáveis que afetam o aumento da temperatura, conjugando-as de forma a impedir que a morte celular ocorra. As principais variáveis que interferem no processo de furação do osso são: a velocidade, o material, o diâmetro, o comprimento e a geometria da ponta da broca [4, 5, 6]. Há vários estudos de investigação sobre a forma de evitar efeitos nefastos na estrutura óssea do paciente.

Este trabalho tem como objetivo avaliar as temperaturas desenvolvidas em tecidos ósseos devido a processos de furação, e a ocorrência ou não de necrose térmica. Foi efetuado o acompanhamento de pacientes durante a colocação de implantes dentários, para a recolha de imagens termográficas. Foram também utilizados métodos experimentais em laboratório com base na termografia e a utilização de termopares durante o processo de furação em materiais compósitos diferentes.

Os materiais compósitos têm vindo a ser utilizados ao longo do tempo em situações cada vez mais distintas, sendo materiais constituídos por duas ou mais fases e apresentarem heterogeneidades microestruturais [7].

2. COMPONENTE CLÍNICA

Foram realizadas visitas a duas clínicas dentárias para acompanhamento de pacientes durante a colocação de implantes dentários, e assim efetuar a recolha de imagens termográficas. Para se obter estas imagens recorreu-se à utilização de uma câmara termográfica. A termografia sem contacto é uma técnica de deteção da distribuição de energia térmica emitida pela superfície de um ou vários corpos ou objetos, por radiação. É um método não invasivo, capaz de detetar, visualizar e gravar diferentes níveis de distribuição de temperatura através da superfície de um objeto. A termografia sem contacto permite o estudo da temperatura dos corpos, através da radiação infravermelha emitida usando uma câmara termográfica [8]. Um exemplo das imagens obtidas, em cada clínica, estão presentes na Fig. 1.

Normalmente, o procedimento da colocação de um implante dentário segue um determinado protocolo. O procedimento utilizado na clínica dentária 1 segue a seguinte orientação: primeiro é efetuada uma marcação do ponto da perfuração utilizando para tal uma broca designada de lança; seguidamente são realizadas algumas perfurações com brocas helicoidais com diferentes diâmetros, dependendo da área da mandíbula/maxila de cada paciente; após a realização do furo é colocado o implante. Foi utilizada uma velocidade de rotação igual a 800 rpm e o local furado é irrigado com soro fisiológico à temperatura ambiente. O procedimento utilizado na clínica dentária 2 é semelhante ao da clínica 1, a única diferença é que a velocidade de rotação não é constante, ou seja, para cada diâmetro da broca é aplicada uma velocidade de rotação diferente.

Na Tabela 1 estão apresentados os valores das temperaturas na broca durante a furação no estudo clínico, tendo sido utilizada uma câmara termográfica.

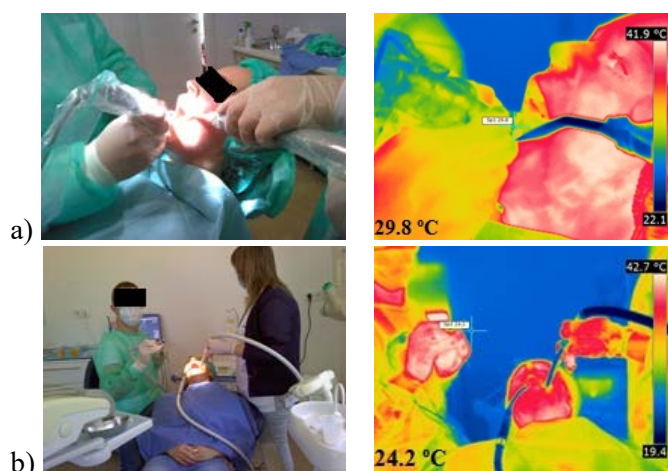


Fig. 1. Imagens clínicas e termográficas: a) Clínica 1; b) Clínica 2.

Tabela 1. Valores da temperatura da broca em °C.

Clínica Dentária 1			Clínica Dentária 2		
Paciente 1	Paciente 2	Paciente 3	Paciente 1	Paciente 2	Paciente 3
29.7	28.5	30.7	24.2	21.3	21.1
29.8	30.1	33.0	37.0	22.3	21.7
32.4	29.4	30.0	25.7	22.8	25.1
30.7	30.3	31.2	24.2	23.3	22.6
	31.1	32.5		23.5	22.9
		30.4			
		32.3			
		30.2			
		31.5			

Fig. 2. Blocos da *Sawbones*: Cortical e Trabecular.

Analisando a Tabela 1, verifica-se que as temperaturas não ultrapassam os 33.0°C na clínica dentária 1, e os 37°C na clínica dentária 2. Considerando que a temperatura gerada no osso não é superior à temperatura na broca, conclui-se que em nenhum caso ocorreu necrose térmica.

3. COMPONENTE EXPERIMENTAL

Para a realização da componente experimental foram adquiridos dois blocos retangulares diferentes, da *Sawbones* com características similares ao osso. Estes blocos possuem propriedades similares ao osso (cortical C ou trabecular T), Fig. 2. Relativamente à massa volumica, o material cortical possui 800 kg/m³ e o trabecular 320 kg/m³.

Os dois blocos foram ensaiados de forma a medir-se a temperatura durante um processo de furação. O equipamento utilizado no ensaio foi o seguinte: dois blocos da *Sawbones*, um computador, um sistema de aquisição de dados MGC Plus, termopares tipo K, câmara de filmar, câmara termográfica e a máquina CNC (DMC 63V) programada para a furação nos blocos. Na Fig. 3 apresenta-se um esquema do processo de furação nos diferentes materiais e a metodologia para registo das temperaturas.

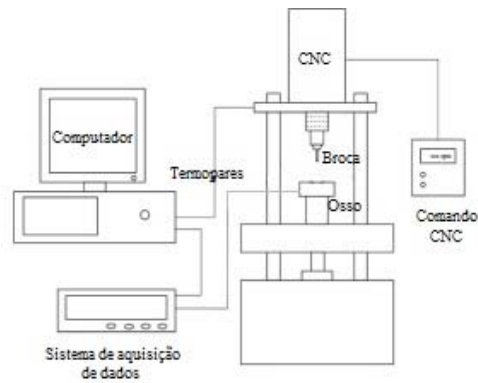


Fig. 3. Esquema do processo de furação.

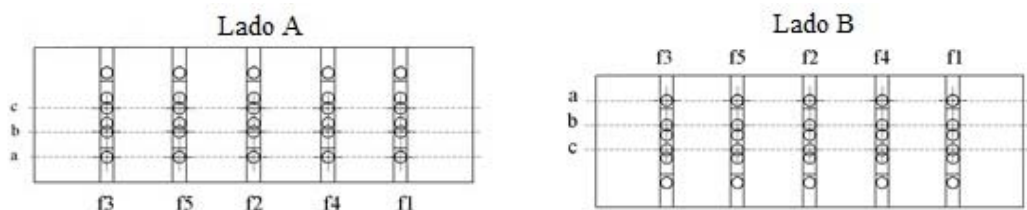


Fig. 4. Esquema dos dois lados dos blocos.

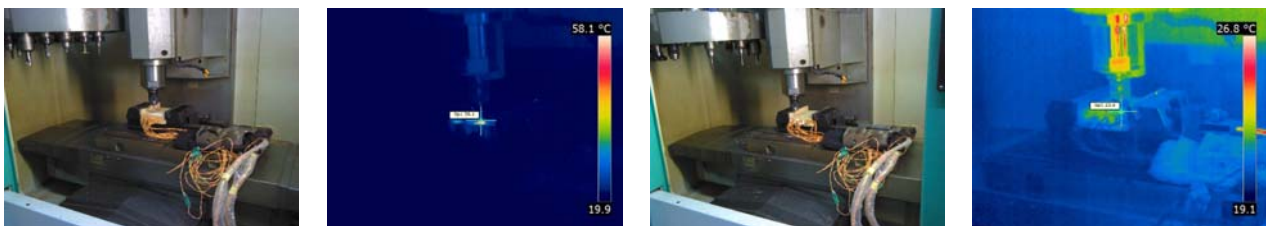


Fig. 5. Furação do material cortical e do material trabecular e respectivas imagens termográficas.

Durante o processo de furação foram utilizadas brocas com diferentes diâmetros (2, 3 e 4 mm) e selecionadas com um ângulo de 118° por gerarem valores de temperaturas mais baixos [9]. As furações foram efetuadas ao longo de um comprimento de 30 mm no bloco, com a imposição de uma velocidade de rotação de 800 rpm e uma velocidade de avanço de 50 mm/s.

Foi elaborado um desenho CAD em SolidWorks com todas as indicações a serem utilizadas durante o processo de furação na máquina CNC. Em cada bloco, e num dos lados, são efetuadas 5 furações simples (Lado A) e no lado oposto também 5 furações mas com diferentes passagens de brocas (Lado B). A Fig. 4 apresenta um desenho esquemático dos dois lados dos blocos, onde *a*, *b* e *c* representam a colocação dos termopares e *f1*, *f2*, *f3*, *f4* e *f5* apresentam a ordem da furação.

A câmara termográfica possibilitará analisar a temperatura da broca durante o processo de furação e os termopares registrarão os valores da temperatura nos materiais e em diferentes posições. Na Fig. 5 é possível visualizar as imagens de algumas furações com as respectivas imagens termográficas.

3.1. Análise da temperatura na broca

Com a utilização da câmara termográfica foram registrados os valores da temperatura nas brocas à superfície, após a furação do bloco.

Na Tabela 2, encontram-se o número de amostras (N), a média (M) e o desvio-padrão (DP) dos valores das temperaturas obtidas com uma única passagem de furação e a broca de 4 mm nos dois materiais.

Analisando a Tabela 2 averigua-se que a temperatura na broca é superior aquando da furação do material cortical. Esta situação resulta pelo facto do material cortical ser mais denso do que o trabecular.

Tabela 2. Temperaturas da broca (Lado A), função de (N), M \pm DP.

Material	Diâmetro da Broca (mm)
	ϕ 4
Cortical	(5) 72.43 \pm 1.54
Trabecular	(5) 35.70 \pm 1.02

Tabela 3. Temperaturas das brocas (Lado B), função de (N), M \pm DP.

Material	Diâmetro da Broca (mm)		
	ϕ 2	ϕ 3	ϕ 4
Cortical	(5) 45.34 \pm 2.18	(5) 43.56 \pm 2.71	(5) 56.52 \pm 2.32
Trabecular	(5) 25.52 \pm 1.24	(5) 26.10 \pm 1.35	(5) 28.00 \pm 1.62

Na Tabela 3, encontram-se o número de amostras (N), a média (M) e o desvio-padrão (DP) dos valores das temperaturas nas diferentes brocas obtidas durante a furação dos materiais.

Na Tabela 3 verifica-se que o material cortical proporciona os maiores valores de temperatura na broca independentemente do seu diâmetro. No material cortical a broca com um diâmetro de 4mm apresenta a maior temperatura, seguindo-se a broca com 2 e 3 mm, respetivamente. Quanto ao material trabecular verifica-se que a temperatura na broca com um diâmetro de 4 mm é superior, seguindo-se a broca de 3 e 2 mm. Relativamente ao desvio-padrão, assume os maiores valores no material cortical. Tendo em consideração os valores apresentados é possível afirmar que o maior aquecimento da broca deve-se à estrutura compacta do material cortical bem como à sua massa volúmica.

Comparando as duas tabelas anteriores, verifica-se que a temperatura na broca é superior quando é efetuada apenas uma única passagem. Isto justifica-se pelo facto de existir uma maior remoção de aparas quando é utilizada uma broca de maior diâmetro. Este fenómeno proporciona um maior esforço por parte da broca havendo portanto um maior aquecimento.

3.2. Análise da temperatura no material ósseo

Com a colocação dos termopares foi possível registar a temperatura nos materiais, ao longo de diferentes distâncias do furo principal. Conforme o esquema da Fig. 4, os termopares foram colocados a diferentes distâncias do furo principal para verificação da dissipação do calor ao longo dos dois materiais. Na Fig. 6 apresentam-se os resultados obtidos com os termopares, unicamente para o furo 1 dos dois blocos em análise, Lado A, contemplando uma passagem de furação com a broca de 4 mm.

Na Fig. 6 verifica-se que o material cortical possui temperaturas mais elevadas comparativamente ao trabecular. A distribuição da temperatura ao longo do material é dependente da massa volúmica bem como da estrutura. Assim, constata-se que no material trabecular a temperatura gerada no osso espalha-se

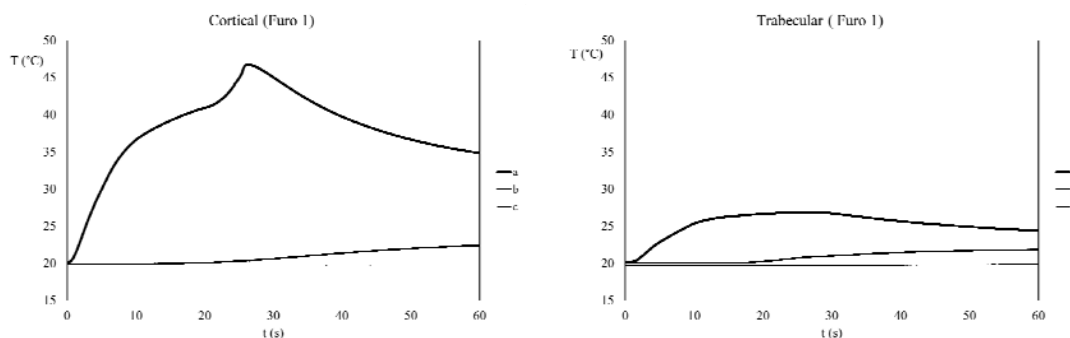


Fig. 6. Comportamento da temperatura nos diferentes tecidos ósseos em função do tempo.

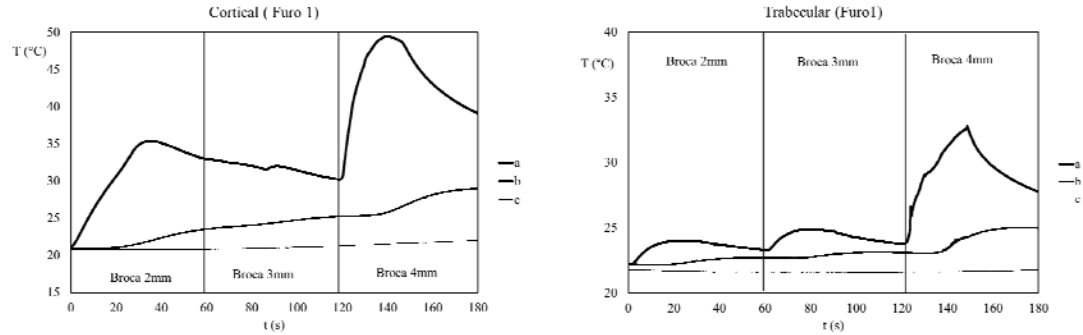


Fig. 7. Temperatura nos tecidos ósseos, função do tempo e com diferentes diâmetros da broca.

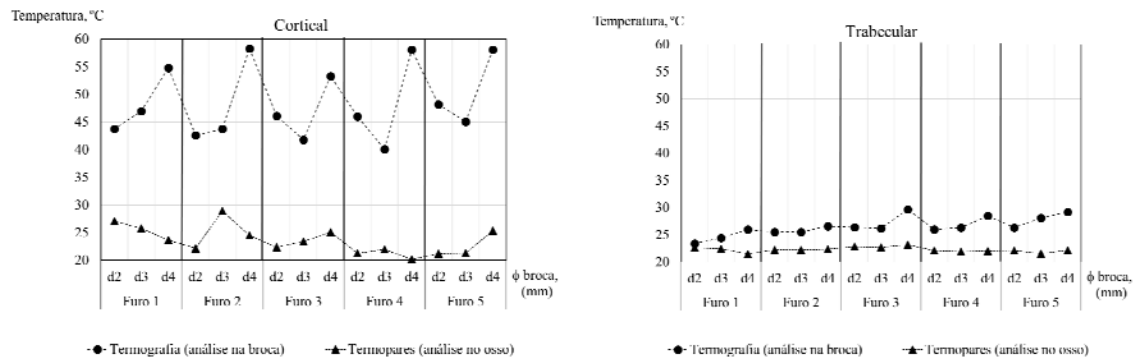


Fig. 8. Resultados comparativos entre métodos nos diferentes materiais, Lado B.

mais rapidamente uma vez que possui uma estrutura com diversas cavidades. Este facto verifica-se observando os dados registados pelos termopares colocados nas posições *b* e *c* (posições mais afastadas do furo principal).

Os resultados dos termopares para o Lado B dos blocos, considerando-se as três passagens na furação com brocas de 2, 3 e 4 mm, estão apresentados na Fig. 7 e para o furo 1 de cada material.

No que diz respeito aos gráficos apresentados na Fig. 7, que contempla as três fases de furação, é possível verificar que o material com valores mais elevados de temperatura é o cortical. Observa-se que, para o material cortical, a temperatura mais elevada foi registada aquando da utilização da broca de 4 mm, seguindo-se a de 2 e 3 mm. Para o material trabecular, as maiores temperaturas foram registadas com a utilização da broca de 4 mm, sendo que neste caso com as brocas de 2 e 3 mm os valores da temperatura são ligeiramente idênticos. O facto das temperaturas mais elevadas estarem relacionadas com a broca de maior diâmetro, poderá relacionar-se com um aquecimento proporcionado pelas brocas utilizadas anteriormente.

3.3. Comparação entre métodos

Os gráficos da Fig. 8 permitem analisar o comportamento da temperatura na broca e no osso, nos diferentes materiais. Para o registo da temperatura na broca foram considerados os valores da temperatura à saída da broca com a câmara termográfica. A temperatura no osso, foi obtida em função da média das temperaturas obtidas nas posições *a*, *b* e *c* com os termopares.

Analisando a Fig. 8 verifica-se que a temperatura obtida com a câmara termográfica é superior à obtida com os termopares, ou seja, a temperatura na broca possui valores superiores à obtida no material ósseo. Pode assim afirmar-se que a temperatura na broca é sempre superior à do osso.

Os resultados apresentados na Fig. 9 demonstram que as maiores temperaturas são originadas no material cortical, sendo a temperatura na broca superior à do osso.

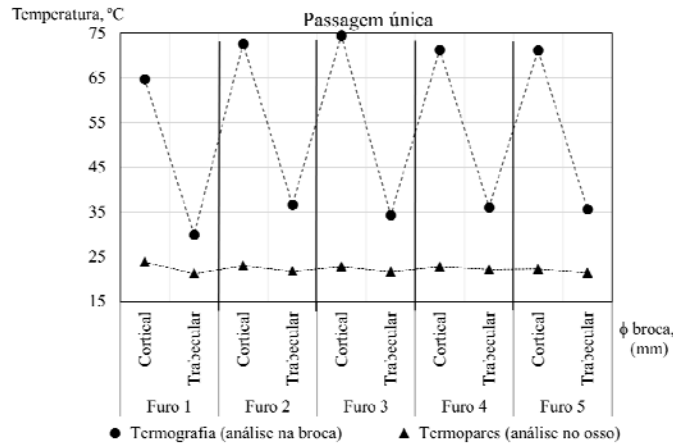


Fig. 9. Resultados comparativos entre métodos nos diferentes materiais, Lado A.

Tabela 4. Propriedades do osso e do aço.

Material	Massa volúmica ρ (kg/m ³)	Condutividade λ (W/mK)	Calor Específico C_p (J/kgK)
Cortical	800	0.40	1260.0
Trabecular	320	0.40	1300.0
Aço	7850	53.00	439.8

4. COMPONENTE NUMÉRICA

Para efetuar a simulação numérica recorreu-se ao programa de elementos finitos, ANSYS®, utilizando-se um modelo geométrico idêntico aos blocos experimentais. Foi utilizado o elemento finito Solid 70, elemento 3D térmico com capacidade de condução de calor e tem como opção a formação de elementos tetraédricos.

4.1. Propriedades dos materiais

As propriedades térmicas do osso e do material da broca, utilizadas no modelo numérico, encontram-se definidas na Tabela 4, [6] [10-11].

4.2. Parâmetros da furação

O modelo numérico desenvolvido é validado com os resultados obtidos experimentalmente, pelo que é necessário ter em consideração os processos que ocorrem durante a furação. Foi considerada a propagação de calor gerada através de um fluxo de calor pela broca, q , sendo esse fluxo de calor calculado através da Eq. (1) [9]:

$$q = \frac{P_c}{V} \text{ (W/m}^3\text{)} \quad (1)$$

onde P_c representa a potência total de corte e V o volume da broca.

Na expressão apresentada, P_c pode ser obtida através da combinação da potência derivada da torção ao corte, P_M , e da potência derivada da força de corte, P_f , como é demonstrado na Eq. (2).

Tabela 5. Parâmetros utilizados na furação.

	d (m)	l (m)	V_f (m/s)	n (rpm)	F_{fw} (N)	M_w (Nm)
Cortical	4	3	0.000833333	800	35	0.009
Trabecular						0.0036

Tabela 6. Fluxo de calor e temperatura inicial do modelo.

Material	Temperatura Inicial (°C)	q (kW/m ³)
Cortical	20	4154.734
Trabecular	20	1754.734

$$P_c = P_f + P_M \quad (2)$$

Estas duas potências são calculadas através da Eq. (3) e Eq. (4).

$$P_f = V_f \times F_{fw} \quad (3)$$

$$P_M = \frac{M_w \times n \times 2\pi}{60} \quad (4)$$

Na Eq. (3) V_f representa a velocidade de corte (m/s) e F_{fw} a força de corte (N). Na Eq. (4) M_w descreve o momento torsor e n a velocidade de rotação (rpm), impostos durante a furação. Através das equações apresentadas, conclui-se que para o cálculo do fluxo de calor é necessário considerar diferentes características do processo de furação, presentes na Tabela 5 [9]. Mediante um estudo de convergência de resultados, utilizando os modelos numéricos desenvolvidos, verificou-se que o momento torsor tem maior influência no fluxo de calor do que a força de corte.

Após o cálculo do fluxo de calor obtêm-se os valores presentes na Tabela 6, impostos como condições de fronteira térmica no modelo em aço representativo da broca. Considerou-se que todo o modelo, material e broca, se encontravam à mesma temperatura inicial. Na superfície superior do tecido ósseo foi considerado o fenômeno de convecção natural.

4.3. Resultados Numéricos

Na Fig. 10 encontra-se representada a malha de elementos finitos do modelo em estudo com as cinco furações, considerando-se o tecido ósseo e a broca em aço.

A análise numérica efetuada é térmica e em regime transiente, para um tempo de furação de 60 segundos. Na Fig. 11 encontram-se os resultados obtidos para os dois materiais no instante de tempo igual a 30 s, instante em que ocorre a máxima temperatura.

Analisando a Fig. 11 verifica-se que o material Cortical possui valores de temperatura mais elevados do que o trabecular e a maior libertação de calor ocorre no material trabecular.

4.4. Resultados Numéricos vs. Experimentais

Na Fig. 12 estão presentes os resultados para o modelo com as cinco furações. As letras maiúsculas *A*, *B* e *C* referem-se aos resultados obtidos numericamente e as letras minúsculas *a*, *b* e *c* aos resultados experimentais, nas diferentes distâncias onde são colocados os termopares.

Os resultados experimentais e numéricos são concordantes, pelo que se deduz que a simulação computacional se revela como um método alternativo ao método experimental, permitindo a obtenção de resultados num tempo mais curto e menores recursos.

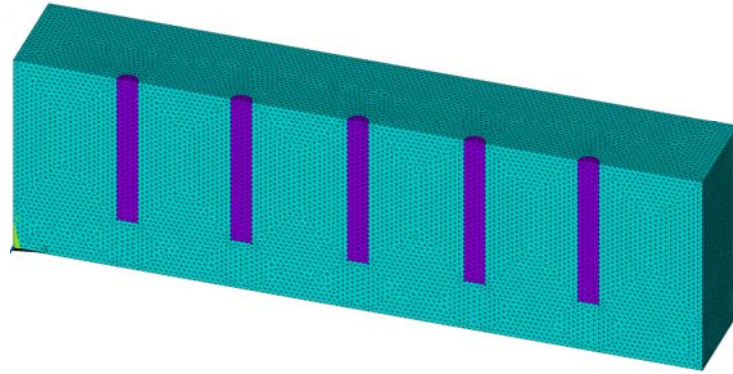


Fig. 10. Modelo com malha tetraédrica.

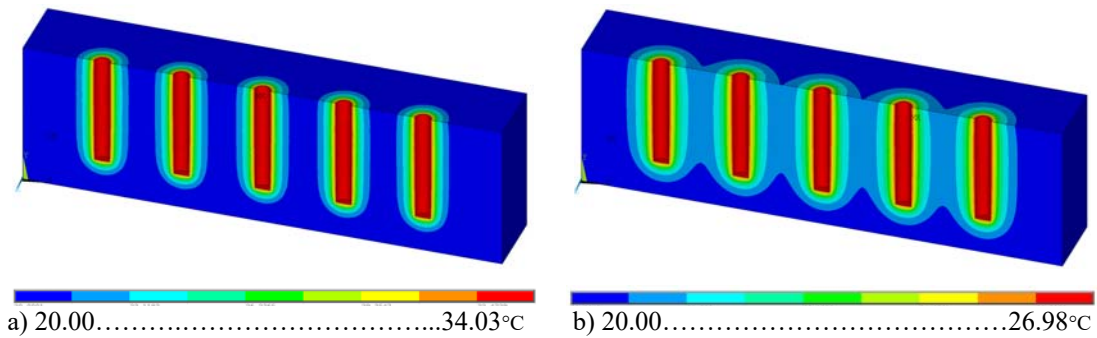


Fig. 11. Resultados das temperaturas: a) Cortical; b) Trabecular.

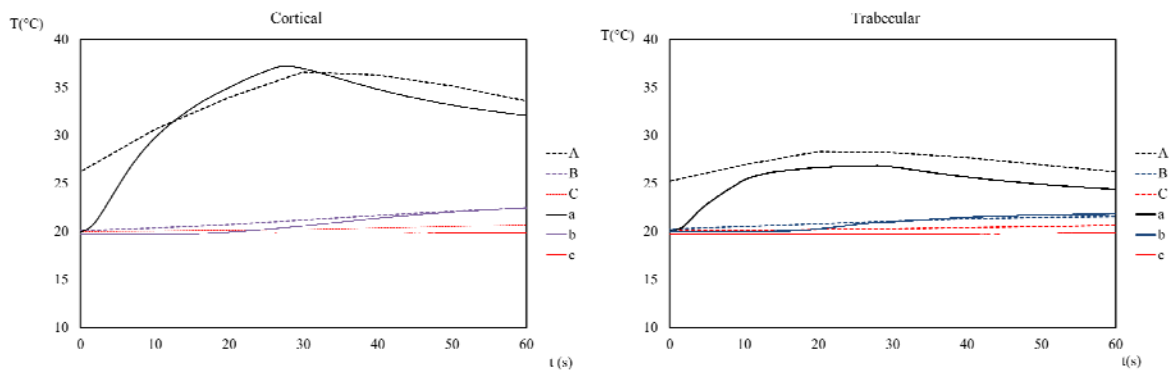


Fig. 12. Resultados experimentais e numéricos.

5. CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar as temperaturas desenvolvidas em materiais compósitos, com características similares ao tecido ósseo, devido a processos de furação.

Os resultados obtidos nas clínicas dentárias mostram que com o uso de irrigação e a combinação de diferentes parâmetros de furação, não ocorreu necrose térmica uma vez que a temperatura não excedeu os 33°C na Clínica 1 e os 37°C na Clínica 2. Comparando os valores de temperatura obtidos nas duas clínicas, verifica-se que, de uma forma geral, os valores obtidos na Clínica 2 são ligeiramente inferiores aos da Clínica 1.

Com o desenvolvimento do modelo experimental, foi possível verificar que a temperatura na broca aumenta consoante a estrutura do material, ou seja, se o material possuir cavidades na sua estrutura, a temperatura na broca não é tão elevada como no material compacto. Verificou-se que a temperatura na broca é superior quando é efetuada apenas uma única passagem. Isto justifica-se pelo facto de existir uma maior remoção de aparas quando é utilizada uma broca de maior diâmetro. Este fenómeno proporciona um maior esforço da broca havendo maior aquecimento. Relativamente à avaliação da temperatura no material, verifica-se que o material cortical possui os maiores valores de temperatura. Comparando os gráficos referentes à utilização das três brocas com os da passagem única, nota-se que as temperaturas são ligeiramente inferiores na passagem única. No entanto, considera-se que seria necessária uma avaliação mais aprofundada para se concluir se o uso de várias brocas influencia o aumento de temperatura, em processos sem irrigação.

Comparando os dois métodos experimentais utilizados, termopares e termografia, é possível observar que a temperatura na broca é sempre superior à temperatura no material. Atendendo aos registos da câmara termográfica e ao tratamento dos resultados obtidos com os termopares pode-se concluir que não ocorreu necrose térmica em nenhum material, uma vez que a temperatura nunca foi superior a 50°C.

Relativamente à componente numérica, os resultados obtidos são próximos dos experimentais. Este facto permite concluir que, a utilização de modelos numéricos podem ser utilizados de forma rápida e para a verificação em simultâneo de diferentes variáveis.

Analisando a temperatura das brocas, para os casos obtidos nas clínicas dentárias é possível verificar que a temperatura média da broca é de 30.77°C na Clínica 1 e 24.12°C na Clínica 2. Sendo o osso constituído pela parte cortical e trabecular, e fazendo a média dos valores da temperatura dos materiais cortical e trabecular obtém-se um valor de 37.51°C. Pode assim, concluir-se que há uma diferença entre 7 e 13.50°C entre os valores obtidos na clínica e na componente experimental, diferença esta justificada pelos processos de irrigação utilizados nas clínicas.

REFERÊNCIAS

- [1] Jee, W.S.S., “Integrated Bone Tissue Physiology: Anatomy and Physiology”. In: Cowin S.C. (Ed), *Bone Mechanics Handbook*. Cap1. Boca Raton, FL: CRC Press, 1.1- 1.68 (2001)
- [2] Pandey, R.K., Panda, S.S., “Drilling of bone: A comprehensive review”, *Journal of clinical orthopaedics and trauma*, **4**, 15-30 (2013)
- [3] Barbosa, B.A., Análise Microscópica da Necrose Óssea Provocada pelo Aquecimento Friccional Durante a Confecção de Alvéolos Cirúrgicos para Implantes Osseointegráveis. Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia de Barau da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de mestre em Odontologia. (2009)
- [4] Fonseca, E., Magalhães, K., Fernandes, M., Barbosa, M., Sousa, G., “Numerical Model of Thermal Necrosis due a Dental Drilling Process”, In Natal Jorge *et al.* (Eds), *Biodental Engineering II*, Taylor & Francis Group: 69-73 (2014)
- [5] Fonseca, E.M.M., Magalhães, K., Fernandes, M., Barbosa, M., Sousa, G., “The Assessment of the Thermal Necrosis due a Drilling Dental Process with or without Irrigation”, IEEE 3rd Portuguese Meeting in Bioengineering (ENBENG), 157-159 (2013)
- [6] Monteiro, D.C.A., Fonseca, E.M.M., Barreira, L.M.S., Magalhães, K., “Metodologia para Determinação da Necrose Térmica por Furação num Modelo 3D de uma Mandíbula Humana”, In Renato Natal *et al.* (Eds), *Actas do 5º Congresso Nacional de Biomecânica*, 217-221 (2013)
- [7] Joaquim, P.C., Paulo, S.F., João, A.O., Filipe, T.D., “Homogeneização de propriedades de materiais compósitos em termoelasticidade linear”, *Revista Iberoamericana de Ingeniería Mecánica*, **13**(2), 03-22 (2009)
- [8] Oliveira, T.M.D., Análise de Sistemas de Energia e Máquinas Elétricas com recurso a termografia. Dissertação realizada no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, Major Energia. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (2012)
- [9] Basiaga, M., Paszenda, Z., Szewczenko, J., Kaczmarek, M., “Numerical and experimental analyses of drills used in osteosynthesis”, *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, **13**(4), 29-36 (2011)

- [10] Lee, J., Burak Ozdoganlar, Y.R., “An experimental investigation on thermal exposure during bone drilling”, *Medical Engineering Physics*, **34**(10), 1510-1520 (2012)
- [11] EUROCODE 3, “Design of steel structures – Part 1-2: General rules – Structural fire design,” ENV 1993 – 1-2:1995

THERMAL EVALUATION CAUSED BY DRILLING IN THE BONE TISSUE

Abstract – This work aims to evaluate the effect of temperature on the bone due to heating caused by the drilling process. Some visits were carried out two clinics for dental implantology technique monitoring, and thermographic images were collected for reading the temperature generated in the drill after the drilling process. In the placement of dental implants for example, variables that interfere in the process of drilling of the bone are: the speed, the material, the diameter, length and geometry of the drill bit. With this work we intend to verify, experimental and numerically, the variables that intervene in the heating of the bone structure. For this purpose, composite materials are used with similar characteristics to the trabecular and cortical bone with different densities. The presented methodology proves to be useful and distinguishing from other works, since they are used materials with similar characteristics to the materials in vivo. The experimental methods used in the laboratory are based on thermography and thermocouples during drilling of different materials. At the same time, are used numerical and theoretical models, with the use of finite element technique, for results discussion. After the working up of this project concluded that the temperature in the drill increases depending on the material structure, i.e., if the material has cavities in its structure, the temperature on the drill is not so high as in compact material. It was found that the temperature of the drill is higher than the temperature in the bone.

Keywords – Implantology, Necrosis, Thermography, Thermocouples, Finite Elements.