

FACULDADE DE MEDICINA DENTÁRIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO



# Avaliação “in vitro” da Temperatura de Polimerização de 4 Resinas Autopolimerizáveis

DISSERTAÇÃO DE INVESTIGAÇÃO MÉDICO-DENTÁRIO

**Isabel Sofia Baldaia Esteves**

**Orientador**

Mário Ramalho de Vasconcelos<sub>4</sub>

*DMD, PhD* – Regente de Ciências e Tecnologias de Biomateriais, Mestrado Integrado de Medicina Dentária

Faculdade de Medicina Dentária, Universidade do Porto

**Coorientadores**

Ana Isabel Pereira Portela

*DMD, PhD* de Ciências e Tecnologias de Biomateriais de Mestrado Integrado de Medicina Dentária

Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto

António José Ramos Silva

*MEng* Engenharia Mecânica – Automação

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

**Porto, 2013**



## Abreviaturas

mm	Milímetros
mm <sup>3</sup>	Milímetros cúbicos
°C	Graus Celcius
RP	Restaurações provisórias
RA	Resina autopolimerizável
20	Resina TAB 2000 a 157mm <sup>3</sup> de volume
40	Resina TAB 2000 a 314mm <sup>3</sup> de volume
21	Resina Trim & Trim a 157mm <sup>3</sup> de volume
41	Resina Trim & Trim a 314mm <sup>3</sup> de volume
22	Resina Protemp 4 a 157mm <sup>3</sup> de volume
42	Resina Protemp 4 a 314mm <sup>3</sup> de volume
23	Resina Structur 2 a 157mm <sup>3</sup> de volume
43	Resina Structur 2 a 314mm <sup>3</sup> de volume
DP	Desvio-padrão
ms	Milissegundos

# Índice

Introdução.....	3
Objetivos.....	5
Materiais e Métodos .....	6
Materiais e instrumentos .....	6
Metodologia .....	8
Análise Estatística .....	10
Resultados.....	13
Discussão .....	18
Conclusão .....	21
Referências .....	22
Agradecimentos .....	23
Anexos.....	24

## Resumo

**Introdução:** Um dos inconvenientes das resinas autopolimerizáveis é a reação exotérmica que ocorre durante a polimerização. O calor libertado pode lesar os tecidos circundantes designadamente polpa dentária nos casos de contacto direto com a dentina viva, comprometendo assim o sucesso clínico. Temperaturas que excedam os 47°C e os 49°C, podem provocar tanto osteonecrose como dano pulpar, respetivamente.

**Objectivo:** Com este estudo pretendeu-se comparar a exotermia de polimerização de 4 resinas, a dois volumes distintos.

**Metodologia:** As resinas utilizadas foram: Protemp™ 4 (3M ESPE); Structur 2 (Voco); TAB2000 (Kerr) e Trim&Trim (Bosworth) sendo avaliadas com os volumes de 157mm<sup>3</sup> e 314mm<sup>3</sup>. A temperatura foi medida através de uma câmara termográfica A325 da *Flir Systems*. Os resultados foram tratados estatisticamente no SPSS PC V.21, tratando-se de um estudo experimental com análise bivariada ( $p < 0,05$ ).

**Resultados:** Verificou-se que num volume de 157mm<sup>3</sup> a resina TAB2000 obteve uma temperatura máxima de 73±11,7°C; a resina Trim&Trim de 53±2,2°C; a resina Protemp de 41±3,2°C e a resina Structur de 46±3,9°C. A um volume de 314mm<sup>3</sup>, a TAB2000 obteve uma temperatura máxima de 112±7,0°C; a Trim&Trim de 74±3,4°C; a Protemp de 57±1,3°C e a Structur de 76±6,9°C.

**Conclusão:** As resinas autopolimerizáveis presentes apresentaram diferentes temperaturas de polimerização que variam em função do volume de resina e do tipo de resina, sendo que todas atingiram valores acima do limite biológico. No entanto, há necessidade de realizar mais estudos relacionando a temperatura atingida pelas resinas com a fisiologia pulpar *in vivo*.

**Implicações clínicas:** São necessários cuidados adicionais aquando da polimerização destas resinas autopolimerizáveis principalmente em dentes vitais pela técnica direta. Em pontes provisórias, devido ao aumento do volume, existe consequentemente aumento da temperatura. Mesmo utilizando a resina que obteve a temperatura mais baixa (Protemp™), nestes casos, é necessário controlar a temperatura local e avaliar a mucosa oral pela possibilidade de queimaduras que a polimerização da resina em contato poderá causar.

**Palavras-chave:** *Temporary crown, bridge resin, acrylic resin, comparative study, pulp temperature, heat*

# Abstract

**Introduction:** One of the characteristics of autopolymerized resins relies in the exothermic reaction during their polymerization phase, since the released heat can damage the surrounded tissues and dental pulp, in cases of direct contact with dentin, compromising the clinical prognosis. Osteonecrosis and pulp lesions can occur if temperature exceeds 47°C and 49°C respectively.

**Objective:** This study intended to compare the polymerization phase of 4 resins for two different volumes.

**Methodology:** The resins used were: Protemp™ 4 (3M ESPE); Structur 2 (Voco); TAB2000 (Kerr) and Trim&Trim (Bosworth) and were evaluated at two volumes (157 mm<sup>3</sup> and 314 mm<sup>3</sup>). The temperature of polymerization was record through a thermal camera A325 (*Flir Systems*). The results were statistically treated in SPSS PC V.21, as an experimental study with bivariate analysis ( $p < 0,05$ ).

**Results:** It was found that for a 2mm thickness (157mm<sup>3</sup>) the TAB2000 had a maximum temperature of 73±11.7°C; Trim&Trim had 53±2.2°C; Protemp had 41±3.2°C and Structur had 46±3.9°C. With a thickness of 4mm (314 mm<sup>3</sup>) TAB2000 had a maximum temperature of 112±7.0°C; Trim&Trim had 74±3,4°C; Protemp had 57±1.3°C and Structur 76±6.9°C.

**Conclusion:** Self-polymerized resins showed different peak temperatures of polymerization and these temperatures will vary depending on the amount of resin and resin type, having all of them reached values above the biological threshold. However, there is need for further studies relating the temperature reached by the resin with pulp physiology *in vivo*.

**Clinical implications:** Additional care should be considered when performing the polymerization *in vivo*, especially on in vital teeth. In temporarily bridges, since the volume is higher, the heat associated is also higher. Despite using the resin that had lowest temperature (Protemp™), it's still necessary to control the local temperature and evaluate the mucosa for possible damage in the tissues.

**Key words:** *Temporary crown, bridge resin, acrylic resin, comparative study, pulp temperature, heat*

## Introdução

As restaurações provisórias (RP) são fundamentais para o sucesso do tratamento protético fixo uma vez que devem promover boas condições a nível pulpar, periodontal, mecânica e biológica, após a preparação dentária e durante a elaboração da coroa definitiva [1-4]. Vários materiais provisórios estão disponíveis para a confecção destas restaurações que podem ser divididos em resinas termopolimerizáveis, fotopolimerizáveis e autopolimerizáveis. As resinas bis-acrílicas, polimetilmetacrilatas e viniletilmetacrilatas são os materiais mais utilizados por apresentarem as seguintes vantagens clínicas: tempo de trabalho curto, aplicação direta na cavidade oral, fácil manipulação e suporte laboratorial mínimo [2,5-7]. Uma desvantagem clínica relativamente à utilização destes materiais prende-se pelo facto de sofrerem exotermia durante a reação de polimerização podendo lesar os tecidos circundantes e as células pulpares [8,9,1,10]. O órgão pulpar reage à subida de temperatura ativando mecanismos que dissipam o calor como, por exemplo, aumento do fluxo sanguíneo local. No entanto, se a temperatura for demasiada poderá provocar necrose pulpar [10,11,18]. De forma a ultrapassar este problema, os estudos recomendam o recurso a técnica indireta como procedimento de primeira escolha [8,9,12-14]. Quando não é possível, o volume da resina e a espessura da dentina que podem interferir com a quantidade de calor transferido à polpa durante a técnica direta devem ser avaliados [15].

Acerca deste assunto, Wolfgang e col. concluíram que se a temperatura aumentar até aos 43°C não existem diferenças na microcirculação. Esta temperatura é a mesma referida nos estudos de Matthews (1977) e de Narhi et. al. (1982). Entre os 49°C e os 51°C há um aumento significativo do fluxo sanguíneo e temperaturas acima destes valores resulta numa lesão irreversível da polpa [19].

O impacto da temperatura não se restringe apenas ao dano pulpar, sendo de salientar também as lesões dos outros tecidos adjacentes. Eriksson RA et. al. verificaram que para ocorrer osteonecrose térmica as temperaturas devem exceder os 47°C durante 1 minuto [20].

Plant e col. verificaram que “a exposição de uma coroa dentária a uma temperatura de 50°C durante 5 segundos resulta numa subida de temperatura intrapulpar de 0-9°C mas que infelizmente, ainda não existem dados histológicos do estado pulpar quando sujeito a estas temperaturas” e que “Sevriton obteve a temperatura mais alta com 41,4°C” mas, o facto de a resina acrílica ter sido espatulada a uma temperatura ambiente de 22°C, pode ter levado a uma descida de temperatura de polimerização” [16].

Jung-Yun et. al. avaliaram o comportamento exotérmico de duas resinas acrílicas autopolimerizáveis (Luxatemp e Jet) e concluíram que quanto maior for o volume da resina, maior será o calor libertado. Neste estudo, a temperatura para um volume de 113,1mm<sup>3</sup> da resina Luxatemp foi de 25,0°C e para a resina acrílica Jet foi de 27,2°C. Estas duas resinas, a um volume de 339,3mm<sup>3</sup>, obtiveram uma temperatura de 29,6°C e 34,6°C, respectivamente [15].

Altintas S. et. al. mediram o comportamento exotérmico de 3 resinas: duas resinas autopolimerizáveis (bis-acrílica e polimetilmetacrilata) e uma resina fotopolimerizável. A diferença de temperatura para um volume de 157mm<sup>3</sup> foi medida através de uma espessura de 1mm de dentina. Verificaram que a diferença de temperatura da resina bis-acrílica (2.9±0.8°C) foi substancialmente menor do que a resina composta fotopolimerizável (4.6±1.5°C) e que a polimetilmetacrilata (5±0.6°C). Também concluiu que as diferenças entre as resinas autopolimerizáveis e as resinas compostas fotopolimerizáveis não são estatisticamente significativas [22].

Lieu et. al. estudaram as temperaturas máximas de 5 resinas: duas autopolimerizáveis (Integrity e Protemp) e três de polimerização dupla (Iso-Temp, TCB Dual Cure e Provipont DC) e concluíram que as resinas autopolimerizáveis atingem temperaturas mais altas que as de polimerização dupla. Neste caso, a Protemp atingiu uma temperatura de 35,6°C e a Integrity 33,8°C para um volume de 500mm<sup>3</sup> [17].

Muitos estudos e diversas teorias têm sido desenvolvidos para clarificar, calcular e controlar a exotermia nas RP mas sem resultados conclusivos. Sabe-se que as resinas podem atingir temperaturas que podem levar à lesão pulpar surgindo assim a necessidade de recorrer a algumas técnicas que evitem este problema: aplicação de um jato de ar ou a remoção da restauração antes da sua polimerização total [19,20]. Alguns trabalhos tentaram testar as temperaturas de várias resinas mas como estes são variados, não há uma padronização do volume a utilizar, nem o seu efeito na fisiologia pulpar [16].

Neste estudo foram avaliadas outras resinas, variando o volume aplicado, para verificar os seus efeitos na temperatura.

## Objetivos

O grande objetivo centra-se na avaliação da temperatura de polimerização de 4 resinas autopolimerizáveis. Antes de atingirmos este objetivo foi necessário quantificar da temperatura média intra-oral, em diferentes zonas da cavidade oral, definindo assim a temperatura de referência para este trabalho (Anexo I).

Após esta etapa, partiu-se para a medição propriamente dita das resinas avaliando-se a temperatura atingida ao longo da sua polimerização. Com isto, este trabalho focou-se em:

- a. Realizar um estudo comparativo das temperaturas máximas de polimerização a um volume de  $157\text{mm}^3$  e a um volume de  $314\text{mm}^3$
- b. Determinar o intervalo de tempo em que a temperatura se manteve acima do limite biológico (a um volume de  $157\text{mm}^3$  e a um volume de  $314\text{mm}^3$ )

# Materiais e Métodos

## Materiais e instrumentos

As resinas autopolimerizáveis seleccionadas para este estudo foram Protemp™ 4, Structur 2, TAB 2000 e Trim & Trim (Tabela I), das mais comercializadas em Portugal indicadas para a confeção de coroas e pontes provisórias.

Tabela I – Composição e marca das resinas seleccionadas.

Resina	Composição	Tipo	Fabricante
TAB 2000	Polimetilmetacrilato	Autopolimerizável	Kerr, CA, USA
Trim & Trim	Viniletilmetacrilato	Autopolimerizável	Bosworth Company, Skokie, IL, USA
Protemp™ 4	Bis-acrílica	Autopolimerizável	3M ESPE, Seefeld, Germany
Structur 2	Bis-acrílica	Autopolimerizável	Voco, Cuxhaven, Germany

Para a medição das mesmas necessitou-se de material auxiliar como:

- Recipiente metálico com água
- Elemento PLT – controlador de temperatura
- Espátulas retas metálicas

Para a análise das amostras foi utilizado um molde em silicone (polivinilsiloxano), uma vez que se tentou mimetizar a prática clínica quando as resinas são utilizadas na técnica direta da pré-impressão. O silicone foi mantido a uma temperatura constante em banho-maria através do controlador de temperatura (Anexo I).

Das diversas formas de medição de temperatura destacam-se dois grandes grupos: sensores pontuais e sensores matriciais. A termografia, sendo uma tecnologia que utiliza sensores de medição matricial, fornece diversos pontos de medição simultaneamente, sendo que o realiza através de imagens térmicas de forma passiva e sem contacto. Uma câmara de termografia mede a temperatura libertada, que é influenciada pela espessura e diâmetro do material, pelo que foi necessário a sua padronização de modo a reduzir tais variáveis. É medida a radiação das ondas longas de infra-vermelhos capturados no ecrã de visão. Com isto, calcula a

temperatura do objeto a ser medido. Existem vários sensores de termografia que podem ser utilizados para medir a emissividade como os termômetros de contato e os métodos com imagens térmicas. Os segundos foram os utilizados neste trabalho, onde a imagem da câmara consegue captar a radiação emitida, refletida e transmitida dos objetos que se encontram no campo de visão.

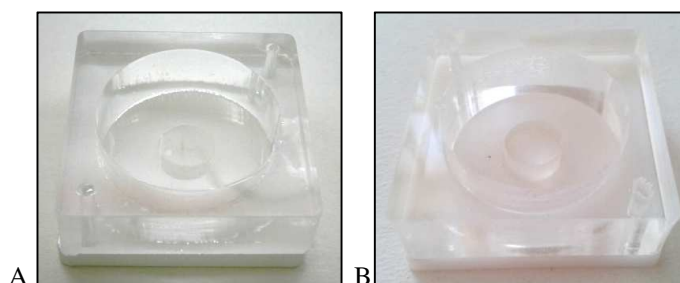
Neste trabalho foi utilizada uma câmara de termografia de infra-vermelhos *ThermaCAM A325* da *FLIR Systems*® (*TestoThermography*), com o software associado *ThermaCAM Researcher 2.10*. As características da câmara utilizada estão descritas mais detalhadamente na Tabela II.

**Tabela II – Características da câmara de infra-vermelhos FLIR®A325**

Imagem	Características	Medição	Características
Campo de visão	25°×18.8°/0.4m (1.3ft)	Alcance de temperatura	-20°C até 120°C 0°C até +350°C Opcional até +1200°C
Tipo de detetor	Microbolómetro		
Alcance do espectro	7,5 até 13.0 µm	Sensibilidade térmica (NETD)	<0,07°C @ + 30°C
Resolução Pixel	320 x 240	Precisão (% de leitura)	±2°C ou ±2%

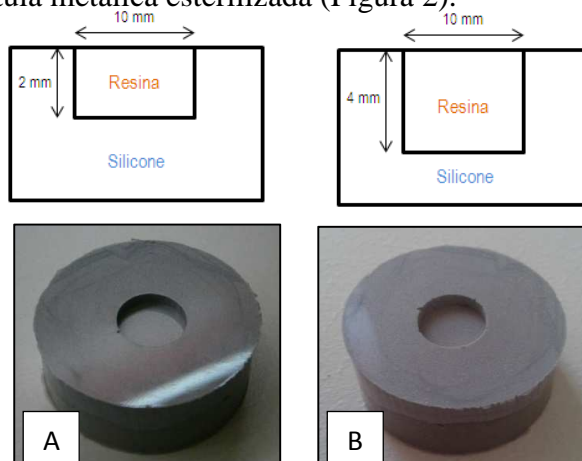
## Metodologia

Para se medir a temperatura das resinas foi necessário confeccionar 10 discos de resina com 10mm de diâmetro e 2 ou 4mm de espessura (correspondente a um volume de  $157\text{mm}^3$  e  $314\text{mm}^3$ , respetivamente) para cada resina. Estas medidas foram retiradas de uma experiência realizada por Altintas et al. (2008) e adaptadas para este trabalho [22]. Para auxiliar a construção dos discos de resina foram feitas duas bases de silicone com cavidades das dimensões dos mesmos. As cavidades do silicone foram feitas a partir de um tubo de acrílico com 10 mm de diâmetro, no qual foram feitos cortes a laser com 2 ou 4mm de espessura a alta precisão, formando dispositivos que serviram de formas (Figura 1). Estes moldes foram utilizados para garantir a uniformidade nos volumes e geometrias dos ensaios.



**Figura 1 – Forma em acrílico utilizado para a confecção da base em silicone. A – Forma para espessura de 2mm. B – Forma para espessura de 4mm.**

O silicone foi colocado em banho-maria com água, utilizando-se a câmara de termografia para obter feedback térmico e acertar os parâmetros do controlador até o silicone atingir os  $33,6^{\circ}\text{C}$  de acordo com o estudo-piloto efetuado. Em seguida foram misturadas mesmas proporções de pó e líquido de cada resina (no caso do TAB 2000 e do Trim & Trim) tendo sido padronizado o tempo de mistura, seguindo as instruções dos fabricantes. Cada uma das 4 resinas, na sua fase plástica, foi colocada na cavidade da base de silicone para as diferentes espessuras, com auxílio de uma espátula metálica esterilizada (Figura 2).



**Figura 2 - Esquemas das cavidades efectuadas no silicone.**

Mediu-se a temperatura 10 vezes em cada resina durante 10 minutos. O esquema da Figura 3 e da Figura 4 ilustram a distribuição dos materiais utilizados.

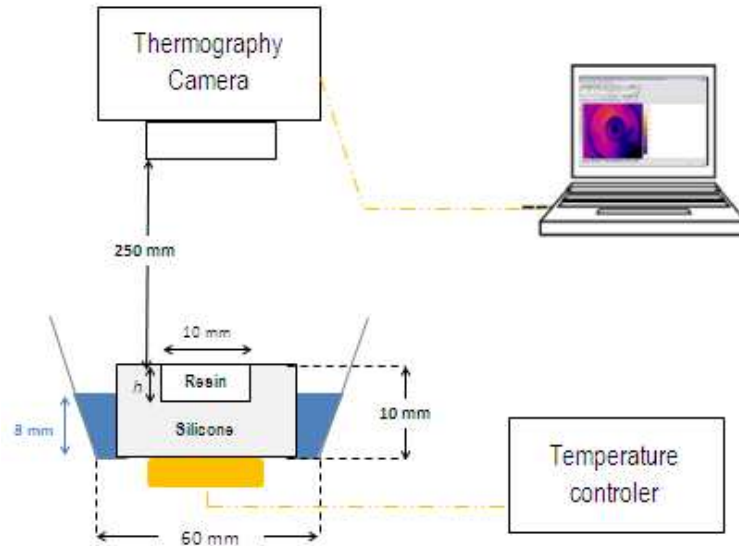


Figura 3 – Esquema ilustrativo da medição da temperatura (não está à escala).  $h$  – 2 ou 4mm de espessura. O silicone encontra-se no banho-maria, com 8mm de altura de água, dentro de um recipiente metálico aquecido por um controlador de temperatura.

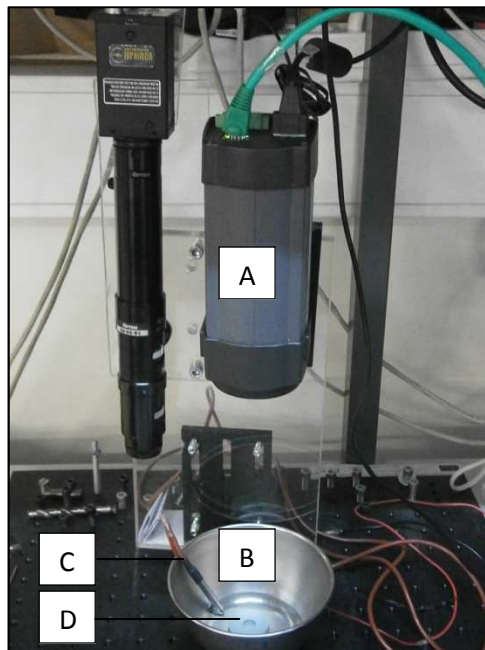


Figura 4 – Elementos que participaram na medição das resinas. Consegue visualizar-se a câmara de termografia (A), o recipiente em banho-maria (B), o sensor de temperatura (C) e o silicone (D).

Os resultados recolhidos deste estudo foram tratados estatisticamente.

## Análise Estatística

O calor libertado durante a polimerização das resinas foi medido no programa *ThermaCAM Researcher 2.10 Pro*. Neste programa foi necessário seleccionar a região de interesse da resina sendo esta mantida do início ao fim do ensaio (Figura 5).

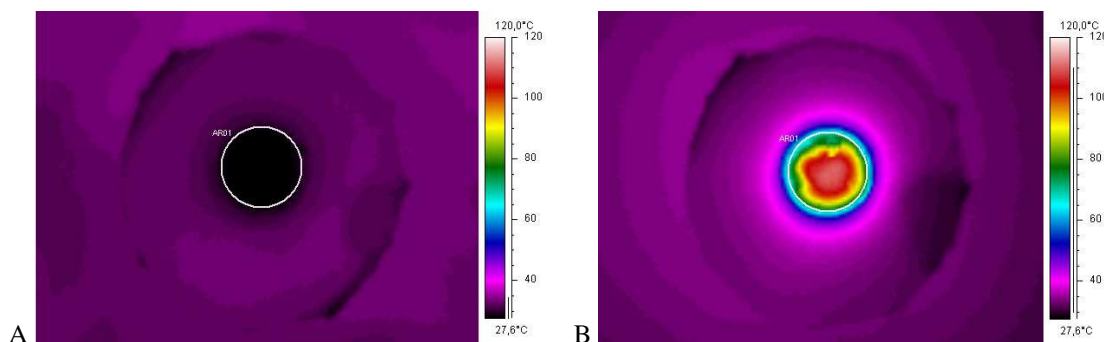


Figura 5 – Exemplo de imagem captada pela câmara de termografia da resina colocada no silicone. A – Imagem inicial; B – Imagem aquando da polimerização.

Os dados obtidos apenas se referiam à área seleccionada previamente, resultando em três gráficos diferentes: um para temperaturas máximas, outro para temperaturas médias e outro para mínimas, realizados automaticamente (Figura 6). Nesta dissertação apenas foi analisado o gráfico correspondente às temperaturas máximas (curva superior).

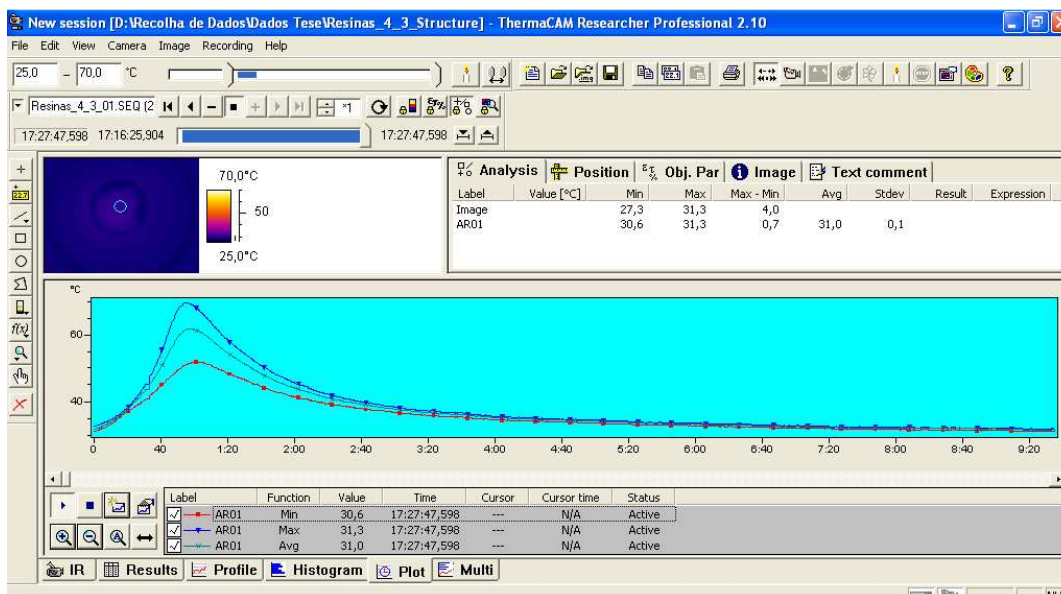


Figura 6 – Exemplo de gráficos registados (temperaturas máximas, médias e mínimas) da respetiva área seleccionada. Nesta figura, os gráficos correspondem à amostra 1 da resina TAB 2000 a 314mm<sup>3</sup>.

O gráfico correspondente à curva superior foi analisado por um algoritmo (*Flir Plot Reader*) (Figura 7) e recolheu-se a temperatura máxima e o tempo em que a temperatura se manteve acima dos 47°C e 49°C (consideradas temperaturas de referência) (Figura 8) [19,20].

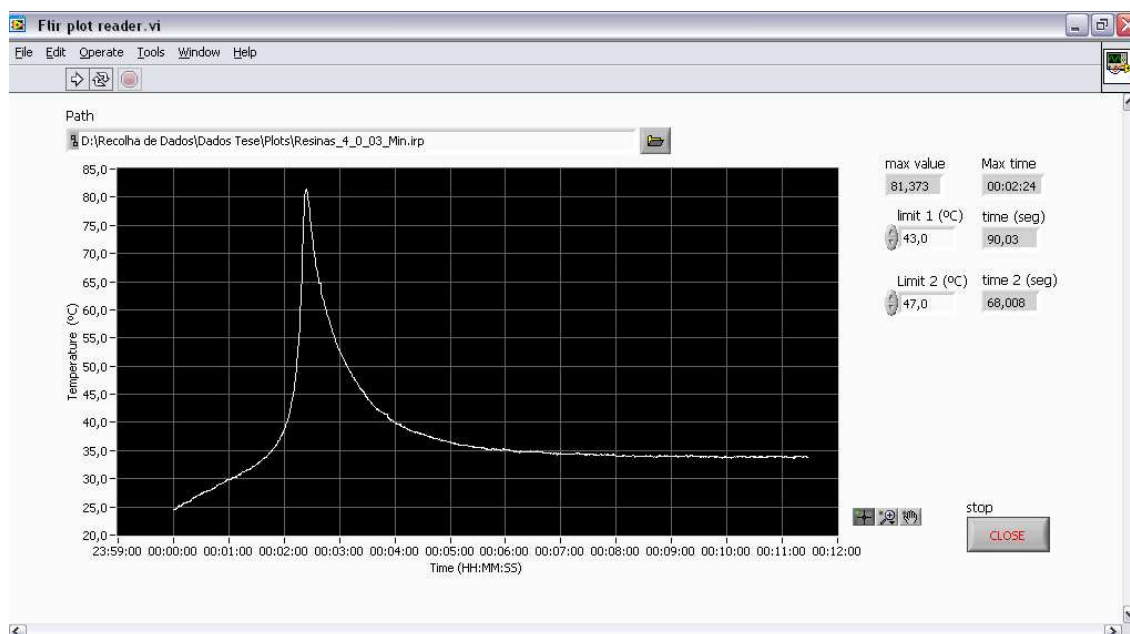


Figura 7 – Exemplo do algoritmo. Neste caso o gráfico refere-se à amostra 3 da resina TAB 2000 a 314mm<sup>3</sup>.

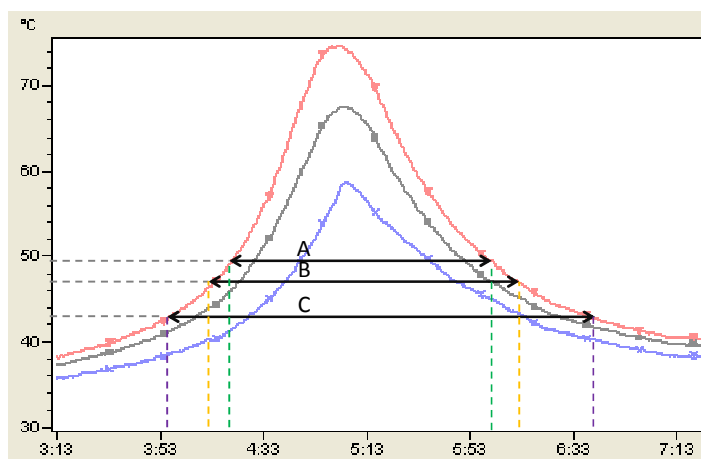


Figura 8 – Imagem explicativa dos valores registados: Seta A – Intervalo de tempo entre os 49°C. Seta B - Intervalo de tempo entre os 47°C.

O tipo de estudo presente enquadra-se num estudo experimental. Estudaram-se 4 resinas a 2 volumes diferentes ( $157\text{mm}^3$  e  $314\text{mm}^3$ ), 10 amostras cada. Retiraram-se as temperaturas máximas e os respetivos intervalos de tempo, das curvas superiores de cada resina.

Relativamente às temperaturas máximas de cada resina e aos intervalos de tempo entre  $47^\circ\text{C}$  e  $49^\circ\text{C}$ , as tabelas e os gráficos foram elaborados no programa SPSS PC V. 21, calculando-se as médias e os desvios-padrão. Foi utilizada a análise bivaridada (teste ANOVA) com intervalo de confiança foi de 95%. Para garantir um melhor controlo de erro, utilizou-se a correção de Bonferroni, que possui uma maior potência estatística que o Tukey, e que é mais indicado para uma quantidade pequena de amostras, pois o nível de significância ( $p < 0,05$ ) é dividido pelo número total de amostras analisadas.

## Resultados

Neste capítulo serão expostos os resultados relativos à análise estatística, que se divide em duas partes: a primeira expõe as temperaturas máximas e a segunda, os intervalos de tempo correspondentes às temperaturas de referência. Na análise das temperaturas máximas verificou-se que a um volume de  $157\text{mm}^3$ , a resina:

- TAB 2000 obteve uma temperatura máxima de  $73\pm 11,7^\circ\text{C}$ ;
- Trim & Trim a temperatura máxima de  $53\pm 2,2^\circ\text{C}$ ;
- Protemp 4 de  $41\pm 3,2^\circ\text{C}$ ;
- Structur 2 de  $46\pm 3,9^\circ\text{C}$ .

As amostras a um volume de  $314\text{mm}^3$  tiveram o mesmo tratamento que as anteriores. Verificou-se uma subida de temperatura em todas:

- TAB 2000 obteve uma temperatura máxima de  $112\pm 7,0^\circ\text{C}$ ;
- Trim & Trim a temperatura máxima de  $74\pm 3,4^\circ\text{C}$ ;
- Protemp 4 de  $57\pm 1,3^\circ\text{C}$ ;
- Structur 2 de  $76\pm 6,9^\circ\text{C}$ .

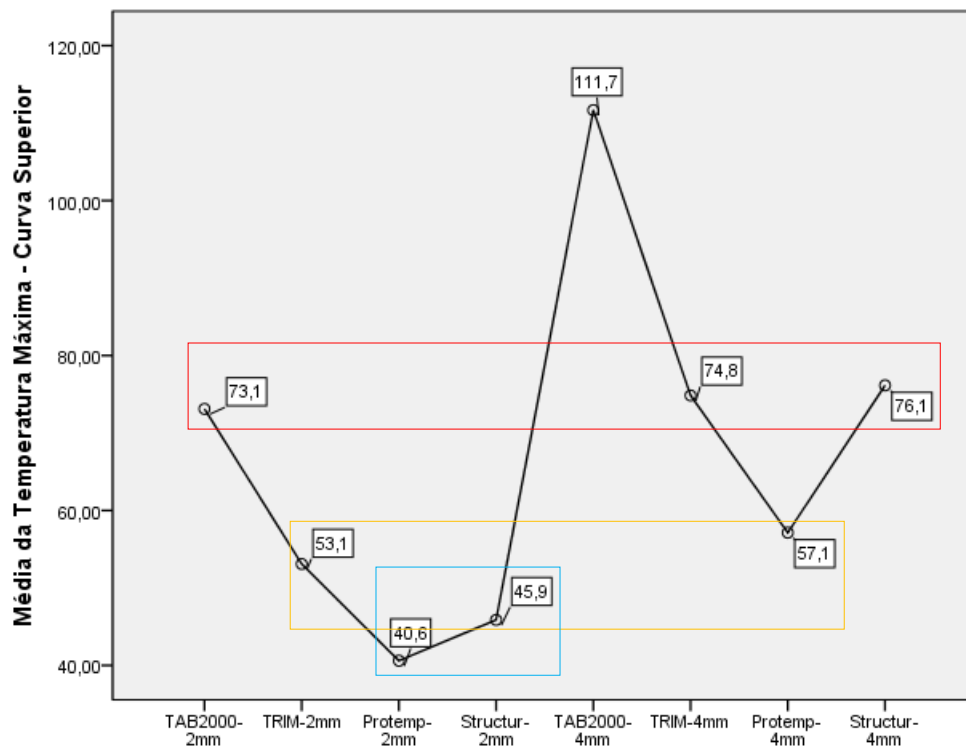


Gráfico 1 – Média das temperaturas máximas correspondentes à curva superior. Os valores contidos dentro de cada retângulo não diferem significativamente entre si,  $p < 0,05$ .

Pelo Gráfico 1, verificou-se que não existiram diferenças significativas ( $\rho < 0,05$ ) entre:

- TAB 2000 a 157mm<sup>3</sup> de volume, Trim & Trim a 314mm<sup>3</sup> e Structur 2 a 314mm<sup>3</sup>;
- Trim & Trim e Structur 2 a 157mm<sup>3</sup> de volume e Protemp 4 a 314mm<sup>3</sup>;
- Protemp 4 a 157mm<sup>3</sup> de volume e Structur 2 a 157mm<sup>3</sup>

A resina TAB 2000 a 314mm<sup>3</sup> de volume possui uma diferença significativa entre todas as resinas analisadas nos diferentes volumes.

A tabela VI do Anexo II demonstra os resultados obtidos pelo SPSS para a elaboração do Gráfico 2.

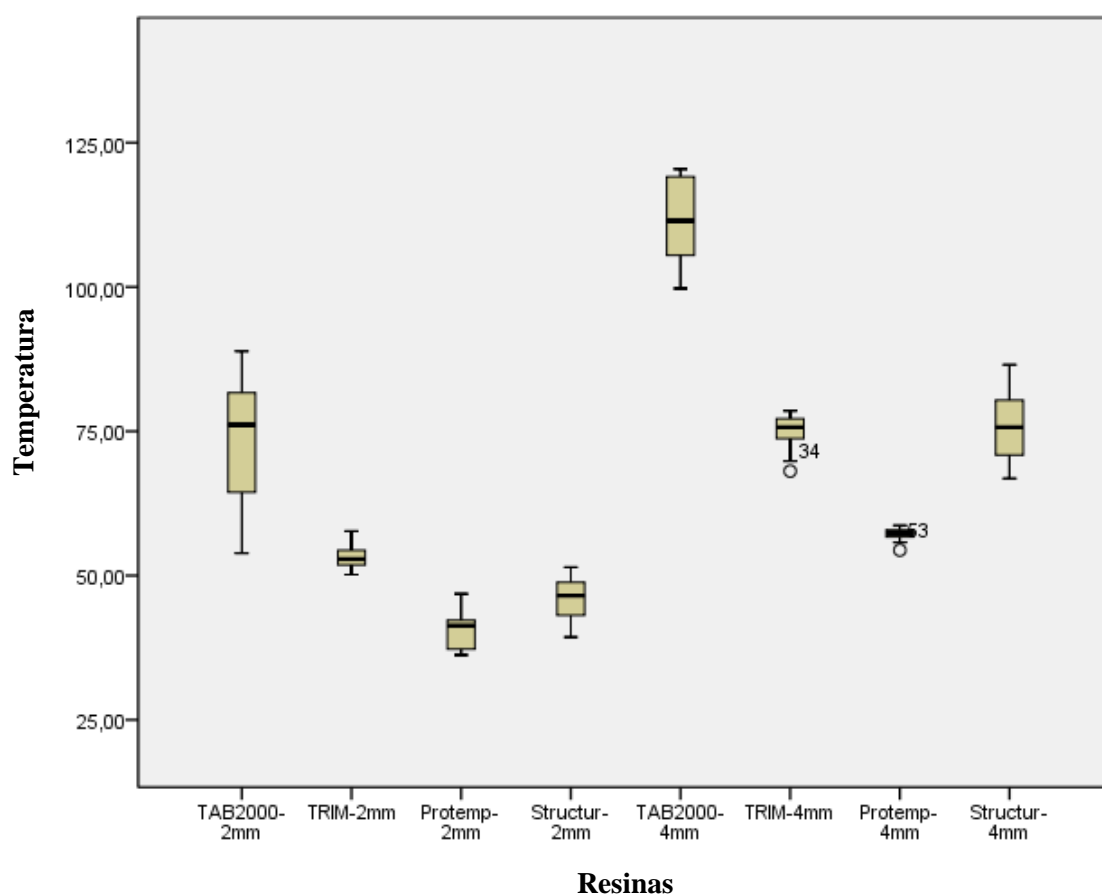
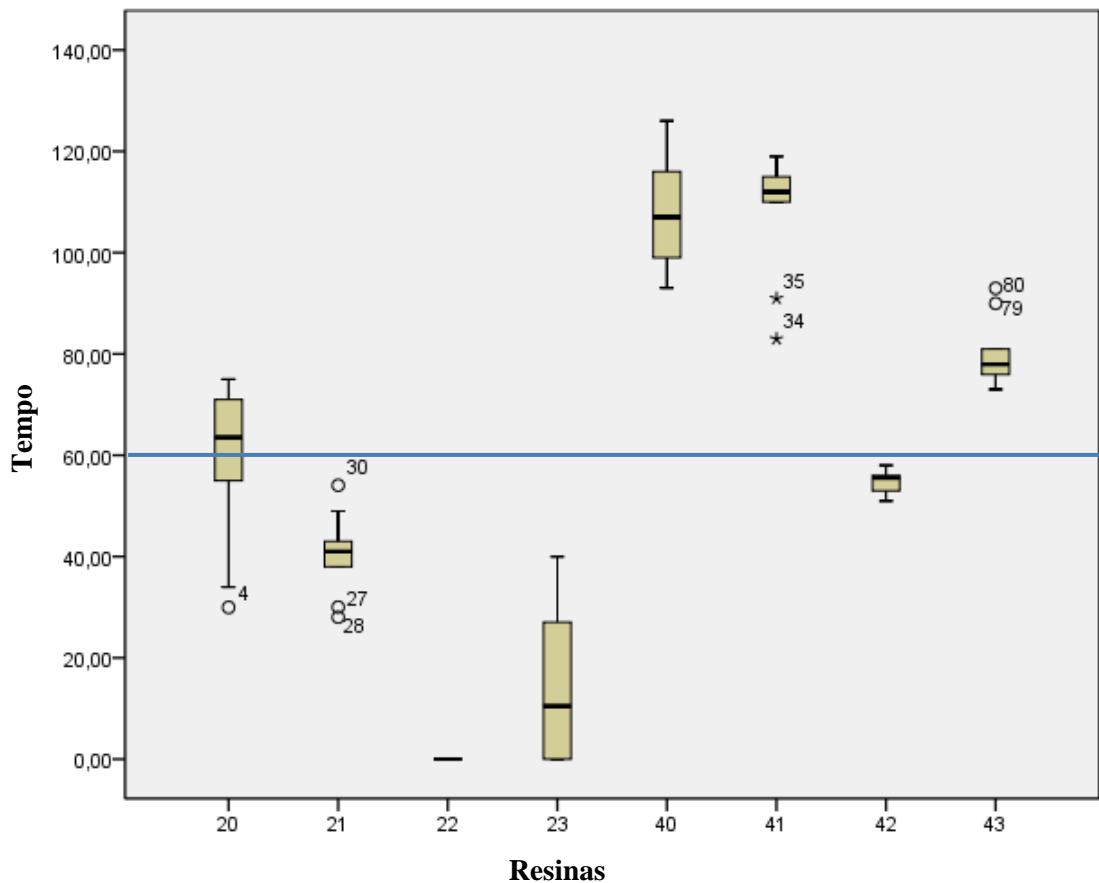


Gráfico 2 – Distribuição das médias dos resultados.

Após a análise das temperaturas máximas, registaram-se os intervalos de tempo durante o qual a temperatura excedia os 47°C e 49°C. Os gráficos que se seguem representam as médias destes tempos (Gráfico 3 e 4). As tabelas VII e VIII do Anexo III demonstram os resultados obtidos pelo SPSS para a elaboração dos mesmos.

Verificou-se que as resinas que ultrapassam o limite biológico de 47°C com valores iguais ou superiores a 60 segundos são:

- a TAB 2000 num volume de 157mm<sup>3</sup> e num de 314mm<sup>3</sup>
- a Trim & Trim num volume de 314mm<sup>3</sup>
- a Structur 2 num volume de 314mm<sup>3</sup>



Gráficos 3 – Valores analisados para intervalos de tempo entre 47°C. A linha representa o limite de 60s.

Os valores médios obtidos dos intervalos de tempo a 47°C estão descritos na Tabela III.

**Tabela III – Valores médios dos tempos a 47°C.**

Volume	Resina	Média (s)	DP
157mm <sup>3</sup>	TAB 2000	59,1	15,6
157mm <sup>3</sup>	Trim & Trim	40,7	7,8
157mm <sup>3</sup>	Protemp 4	0,0	0,0
157mm <sup>3</sup>	Structur 2	14,2	15,7
314mm <sup>3</sup>	TAB 2000	107,7	10,8
314mm <sup>3</sup>	Trim & Trim	108,5	11,9
314mm <sup>3</sup>	Protemp 4	54,8	2,3
314mm <sup>3</sup>	Structur 2	79,8	6,6

Verificou-se que as resinas que ultrapassam o limite biológico de 49°C com valores iguais ou superiores a 5s são:

- a TAB 2000 num volume de 157mm<sup>3</sup> e num de 314mm<sup>3</sup>
- a Trim & Trim num volume de 157mm<sup>3</sup> e num de 314mm<sup>3</sup>
- a Protemp 4 num volume de 314mm<sup>3</sup>
- a Structur 2 num volume de 314mm<sup>3</sup>

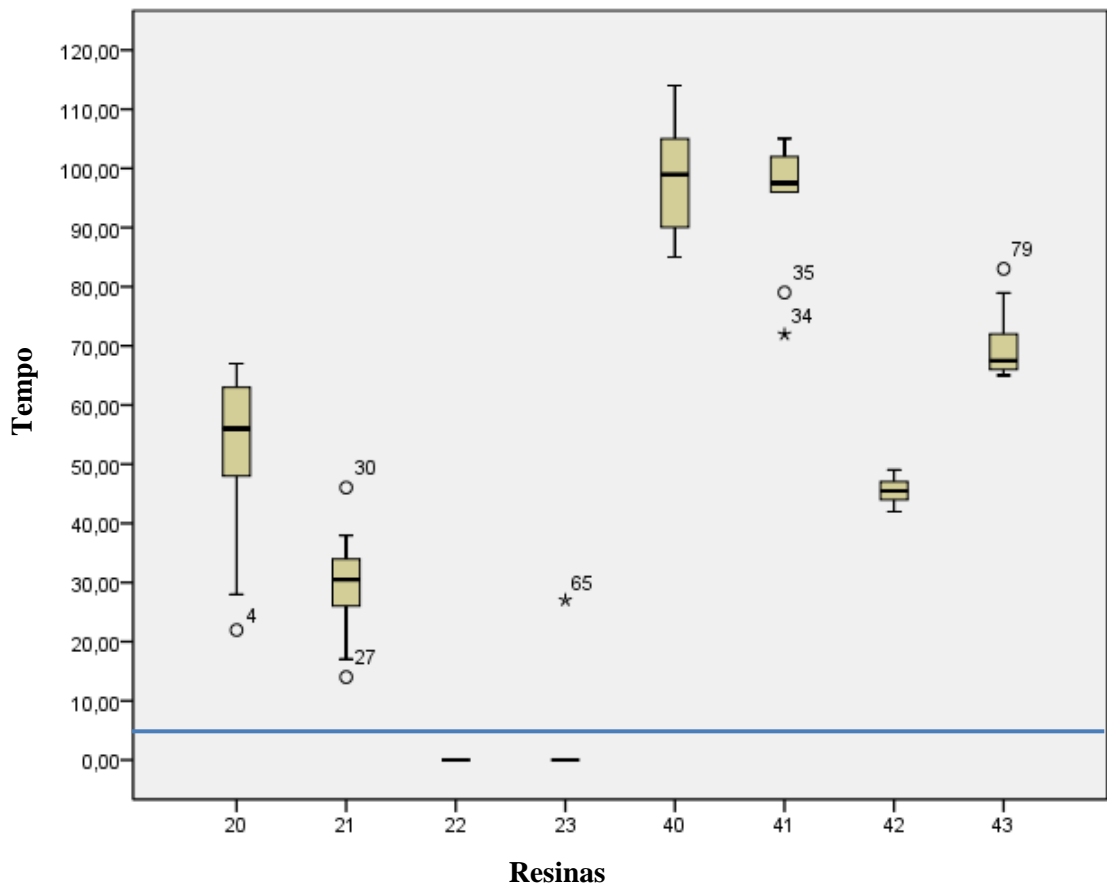


Gráfico 4 – Valores médios analisados para intervalos de tempo entre 49°C. A linha representa o limite de 5s.

Os valores médios obtidos dos intervalos de tempo a 49°C estão descritos na Tabela IV.

Tabela IV – Valores médios dos tempos a 49°C.

Volume	Resina	Média (s)	DP
157mm <sup>3</sup>	TAB 2000	51,3	15,2
157mm <sup>3</sup>	Trim & Trim	29,6	9,4
157mm <sup>3</sup>	Protemp 4	0,0	0,0
157mm <sup>3</sup>	Structur 2	2,7	8,5
314mm <sup>3</sup>	TAB 2000	98,2	9,5
314mm <sup>3</sup>	Trim & Trim	94,7	10,7
314mm <sup>3</sup>	Protemp 4	45,6	2,2
314mm <sup>3</sup>	Structur 2	70,2	6,1

## Discussão

De acordo com os resultados obtidos foi verificado que aumentando o volume de resina aumenta a exotermia, como concluiu Jung-Yun et. al. (2011). No seu estudo foram avaliadas as temperaturas de uma resina bis-acrílica e de uma polimetilmetacrilata. A resina bis-acrílica Luxatemp atingiu valores máximos de 29,6°C num volume de 339,3 mm<sup>3</sup> e no presente estudo as resinas bis-acrílicas Protemp 4 e Structur 2 obtiveram valores de 57,1°C e 76,2°C, respectivamente, para um volume de 314mm<sup>3</sup>. A resina polimetilmetacrilata Jet, também num volume de 339,3mm<sup>3</sup>, obteve valores de temperatura de 34,6°C enquanto neste presente estudo, a polimetilmetacrilata TAB 2000 num volume de 314mm<sup>3</sup> atingiu o valor máximo de 111,7°C. Em ambas as experiências verificou-se que as polimetilmetacrilatas libertam mais calor do que as bis-acrílicas. As diferenças de temperatura entre os dois estudos podem dever-se ao facto da metodologia adoptada por Jung-Yun ser distinta, nomeadamente, utilizou-se um volume diferente e a resina esteve em contacto com a temperatura ambiente de 23°C que leva a uma diminuição significativa de temperatura. Além disto, na experiência de Jung-Yun a medição das resinas foi efetuada através de um sensor colocado numa placa de acrílico e não estava em contacto direto com a resina, estando separado por um filme de poliéster de 50µm de espessura. Neste trabalho, a câmara de termografia captou a temperatura diretamente da resina, sem interferência de outros materiais. Como já referido (Tabela II), a câmara possui uma sensibilidade de <0,07°C a mais de 30°C, ou seja, uma baixa margem de erro aquando da medição das resinas e um tempo de resposta de aproximadamente 15,5ms. [15].

Altintas S. et. al. concluiu que a manifestação de calor era mais alta na resina bis-acrílica Fill-in (2.9±0.8°C) do que na polimetilmetacrilata Temdent (5±0.6°C) num volume de 157mm<sup>3</sup>. Na sua metodologia usaram um termómetro de contacto unido a um disco de dentina (1mm de espessura) e, em cima deste foi colocada a resina. No entanto, nesta metodologia não apresentaram a temperatura ambiente de forma a podermos comparar com este estudo. Neste trabalho foram avaliadas resinas com os mesmos compostos, nomeadamente, as resinas bis-acrílicas Protemp 4 e Structur 2 que obtiveram temperaturas 40,6°C e 45,9°C respectivamente, e a resina polimetilmetacrilata TAB 2000, num mesmo volume, manifestou uma temperatura máxima de 73,1°C. As diferenças centram-se na metodologia adoptada entre os dois estudos [22].

Plant e col. verificaram que a resina de polimetilmetacrilato Sevriton obteve a temperatura mais alta com 41,4°C em 20mm<sup>3</sup> de volume. Aqui a medição foi realizada através de um sensor colocado no interior da raiz de um dente, entrando pelo buraco apical, em banho-

maria de 37°C. A resina foi colocada na coroa exposta do respetivo dente e registou-se a variação de temperatura encontrada, que foi de 4,4°C. O facto de se ter espatulado a resina a uma temperatura de 22°C pode ter levado a uma diminuição de temperatura medida pelo sensor. Nesta experiência, a resina polimetilmetacrilata estudada foi a TAB 2000 e num volume superior, de 157mm<sup>3</sup>, a temperatura registada foi de 73,1°C. A variação dos dados obtidos resultou do método adoptado por cada experiência [16].

No estudo de Lieu et. al., o Protemp atingiu uma temperatura de 35,6°C num volume de 500mm<sup>3</sup>, o que difere dos resultados obtidos neste estudo em que, num volume de 157mm<sup>3</sup> a mesma resina atingiu os 40,6°C. Além da diferença de volume, a metodologia também difere, na medida em que no estudo de Lieu foi utilizado um termómetro de contacto e neste foi utilizada uma câmara termográfica o que poderá ter alterado os valores obtidos. É de salientar que a câmara de termografia usa radiação infra-vermelha para uma melhor precisão quando comparada com termómetros de contato [17].

Segundo Wolfgang e col. e Plant e col., temperaturas acima dos 49°C durante 5 segundos podem levar a uma lesão irreversível da polpa. Apesar destes dados estarem limitados pela experiência de Wolfgang e de Plant, comparando com os presentes resultados, podemos salientar que todas as resinas avaliadas à excepção do Protemp 4 e do Structur 2 num volume de 157mm<sup>3</sup>, ultrapassaram este limite biológico durante mais de 5 segundos [16, 19].

No trabalho de Eriksson RA et. al. concluíram que ocorre osteonecrose térmica acima dos 47°C durante 1 minuto. Esta conclusão está limitada pelo método que Eriksson realizou mas a falta de estudos tornou estes valores numa referência. Observando os resultados obtidos no presente estudo, podemos verificar algumas situações mais próximas de 1 minuto acima dos 47°C, nomeadamente, TAB 2000 (num volume de 157mm<sup>3</sup>) com 59,1 segundos e num volume de 314mm<sup>3</sup> destacam-se a Structur 2 com 79,8 segundos, a Trim & Trim com 108,5 segundos e a TAB 2000 com 107,7 segundos [20].

Dada a limitação destas experiências, as conclusões de que a 314mm<sup>3</sup> é necessário ter cuidados especiais com estas resinas ou que estas, acima dos 49°C podem provocar lesões, devem ser avaliadas posteriormente em estudos mais aprofundados, principalmente relacionando estes resultados com a fisiologia pulpar/dentinária e fazendo estudos *in vivo*. No entanto, como já foi referido, a espessura da dentina e o volume de resina utilizado deve ser tida em conta antes da colocação de uma resina autopolimerizável de modo a evitar danos nos tecidos circundantes [15].

Neste trabalho também podemos referir que a introdução da termografia na leitura das resinas levou a novos dados sobre a temperatura atingida pelas mesmas bem como novas conclusões acerca do comportamento exotérmico durante a fase de polimerização, o que torna difícil a comparação com a metodologia de outros estudos.

Se para a construção de uma coroa unitária, os valores de desgaste são na maior parte das vezes próximos de 2mm pode ter interesse seleccionar a resina que irá ser utilizada, de forma a diminuir os efeitos danosos que podem surgir durante a polimerização. Mais importante será esta seleção na construção de pontes provisórias, uma vez que nas zonas dos pânticos e dos conectores, com facilidade se atingem zonas que rondam os 4mm o que irá acarretar uma espessura/volume de resina maior *in loco* e portanto, o impacto da polimerização da resina será maior nos tecidos adjacentes [2].

## Conclusão

Verificou-se que a temperatura máxima das resinas varia significativamente entre si e conforme o volume/espessura das mesmas.

A temperatura máxima registada a  $157\text{mm}^3$  de volume foi obtida pela resina TAB 2000 (Kerr) ( $73,1\pm 11,7^\circ\text{C}$ ), seguindo-se a Trim & Trim (Bosworth) ( $53,1\pm 2,2^\circ\text{C}$ ), a Struttur 2 (Voco) ( $45,9\pm 3,9^\circ\text{C}$ ) e, finalmente, a Protemp 4 (3M ESPE) ( $40,6\pm 3,2^\circ\text{C}$ ). A  $314\text{mm}^3$  de volume mantiveram-se pela mesma ordem: TAB 2000 (Kerr) ( $111,7\pm 7,0^\circ\text{C}$ ), Trim & Trim (Bosworth) ( $74,8\pm 3,4^\circ\text{C}$ ), Struttur 2 (Voco) ( $76,1\pm 6,9^\circ\text{C}$ ) e Protemp 4 (3M ESPE) ( $57,1^\circ\text{C}\pm 1,3$ ).

Apenas algumas resinas se encontravam nos limites biológicos sendo que, acima de  $47^\circ\text{C}$ , com tempos próximos de 1 minuto, a resina Trim & Trim registou 108,5 segundos, seguindo-se da TAB 2000 com 107,7 segundos e a Protemp 4 com 79,9 segundos, a um volume de  $314\text{mm}^3$ . Não se registaram tempos acima de 1 minuto nas resinas a  $157\text{mm}^3$  de volume com excepção da TAB 2000 (60s). Acima dos  $49^\circ\text{C}$  pode salientar-se, num volume de  $157\text{mm}^3$ , a resina TAB 2000 ( $73,1^\circ\text{C}$ ) e a Trim & Trim ( $74,8^\circ\text{C}$ ) e em todas as resinas a  $314\text{mm}^3$  de volume.

Clinicamente, estas temperaturas podem não ser atingidas, uma vez que qualquer ato que interfira na polimerização como a aplicação de um jato de ar ou a remoção da restauração antes da sua polimerização total influenciam a temperatura [19,20]. No entanto, especial cuidado deve ser prestado de forma a controlar a temperatura durante a técnica direta na confecção de coroas ou pontes provisórias. Nestas últimas, devido ao aumento da espessura, existe conseqüentemente aumento da temperatura. Mesmo utilizando a resina que obteve a temperatura mais baixa (Protemp 4), há necessidade de controlar a temperatura local e avaliar a mucosa pelas possíveis queimaduras que a polimerização da resina em contacto com esta poderá causar.

# Referências

- 1] Grajower R, Shaharbani S, Kaufman E. Temperature rise in pulp chamber during fabrication of temporary self-curing resin crowns. *J Prosthet Dent* 1979; 41(5):535-40.
- 2] Shillingburg HT, Hobo S, Whitsett LD, Jacobi R, Brackett SE. *Fundamentals of fixed prosthodontics*. 3<sup>rd</sup> ed. Chicago: Quintessence; 1997.
- 3] Robinson FB, Hovijitra S. Marginal fit of direct temporary crowns. *J Prosthet Dent* 1982; 47: 390-392.
- 4] Tjan AH, Tjan AH, Grant BE. Marginal accuracy of temporary composite crowns. *J Prosthet Dent* 1987; 58:417-421.
- 5] Ireland MF, Dixon DL, Breeding LC, Ramp MH. In vitro mechanical property comparison of four resins used for fabrication of provisional fixed restorations. *J Prosthet Dent* 1998; 80: 158-162.
- 6] Vallittu PK. Peak temperatures of some prosthetic acrylates on polymerization. *J Oral Rehabil* 1996; 23: 776-781.
- 7] Diaz-Arnold AM, Dunne JT, Jones AH. Microhardness of provisional fixed prosthodontic materials. *J Prosthet Dent* 1999; 82: 525-528.
- 8] Robinson HB, Lefkowitz W. Operative dentistry and the pulp. *J Prosthet Dent* 1962; 12: 985-1001.
- 9] Langeland K, Langeland LK. Pulp reactions to crown preparation, impression, temporary crown fixation, and permanent cementation. *J Prosthet Dent* 1965; 15: 129-143.
- 10] Hussey D, Biagioni P, Lamey P (1995) Thermographic measurement of temperature change during resin polymerization in vivo. *J Dent* 23:267 – 271
- 11] Kim S-H, Watts DC (2004) Exothermic behavior of the polymer-based provisional crown and fixed partial denture materials. *Dent Mater* 20:383 – 387
- 12] Ireland MF, Dixon DL, Breeding LC, Ramp MH. In vitro mechanical property comparison of four resins used for fabrication of provisional fixed restorations. *J Prosthet Dent* 1998; 80: 158-162.
- 13] Vallittu PK. Peak temperatures of some prosthetic acrylates on polymerization. *J Oral Rehabil* 1996; 23: 776-781.
- 14] Diaz-Arnold AM, Dunne JT, Jones AH. Microhardness of provisional fixed prosthodontic materials. *J Prosthet Dent* 1999; 82: 525-528.
- 15] Ha, J.-Y., Kim, S.-H., Kim, K.-H. & Kwon, T.-Y. Influence of the volumes of bis-acryl and poly(methyl methacrylate) resins on their exothermic behavior during polymerization. *Dental Materials Journal* 30, 336–342 (2011)
- 16] Durning, H. E. The heat evolved and temperatures attained during setting of restorative materials. *Brit. dent. J* 137, 233 (1974)
- 17] Lieu, C., Nguyen, T. M. & Payant, L. In vitro comparison of peak polymerization temperatures of 5 provisional restoration resins. *Journal-Canadian Dental Association* 67, 36–39 (2001)
- 18] Raab, W. H. Temperature related changes in pulpal microcirculation. *Proc Finn Dent Soc* 88, 469–79 (1992)
- 19] Kim S-H, Watts DC (2004) Exothermic behavior of the polymer-based provisional crown and fixed partial denture materials. *Dent Mater* 20:383 – 387
- 20] Moulding MB, Loney RW (1991) The effect of cooling techniques on intrapulpal temperature during direct fabrication of provisional restorations. *Int J Prosthodont* 4:332 – 336
- 21] Eriksson RA, Albrektsson T, Magnusson B (1984) Assessment of bone viability after heat trauma. A histological, histochemical and vital microscopic study in the rabbit. *Scand J Plast Reconstr Surg* 18:261–268.
- 22] Altintas S., Yondem I., Tak O., Usumez A. (2008) Temperature rise during polymerization of three different provisional materials. *Clin Oral Invest* 12:283 – 286.

## Agradecimentos

*Os meus maiores agradecimentos ao meu **Orientador Prof. Doutor Mário Vasconcelos**, pelos conceitos e conhecimentos transmitidos que ativamente participaram na redação da dissertação assim como na minha formação científica e profissional.*

*À **Prof.<sup>a</sup> Doutora Ana Portela** pela palavra sempre amiga e correta, pela sinceridade e disponibilidade com que se demonstrou ao longo deste percurso.*

*E, sem dúvida, ao **Engenheiro António Ramos Silva** pela contribuição e dedicação com que me acompanhou ao longo deste caminho e pelo carinho com que me recebeu nas longas tardes durante a análise dos materiais.*

*À **D. Alexandra** por ter disponibilizado os materiais utilizados neste trabalho, sempre com a melhor das disposições.*

*Ao meu **Pai** pela presença e apoio incondicional, da qual a gratidão não consigo transformar em palavras.*

*À **família e amigos**, por me acompanharem em todos os momentos que me tornaram naquilo que sou hoje.*

## **ANEXOS**

## Anexo I

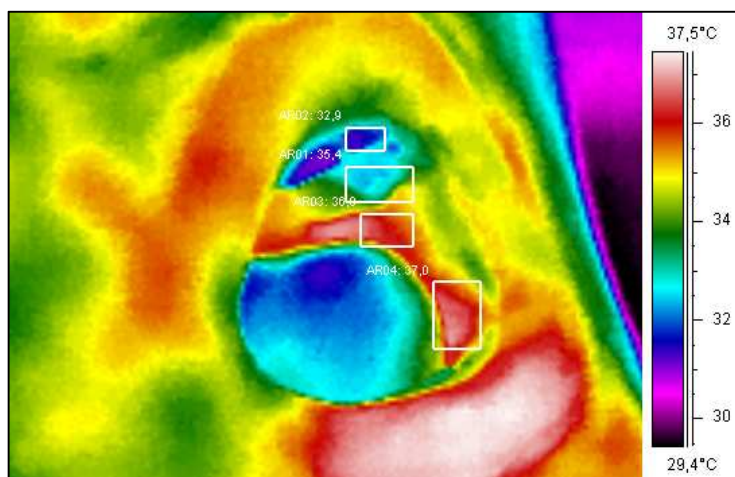
### Estudo-piloto

Este estudo teve por objetivo encontrar uma temperatura de referência para o ambiente envolvente das resinas durante a sua polimerização. Tal temperatura não foi encontrada em nenhum estudo até à altura, sendo que foi necessário a sua identificação. Como dentes de referência foram escolhidos os incisivos centrais superiores, primeiros molares superiores, primeiros molares inferiores, e segundos pré-molares inferiores. Foram seleccionados 15 alunos do Mestrado Integrado em Medicina Dentária que mantiveram a boca aberta direcionada para a câmara de termografia durante 10 minutos (Figura 8). A distância e a posição do paciente mantiveram-se inalteradas.



**Figura 8 - Exemplo do procedimento aquando da mediação das temperaturas bucais. A câmara foi mantida à distancia de 0,9 metros. A zona limitada pelo retângulo vermelho indica a zona a ser avaliada posteriormente (Figura 9).**

Após a recolha dos dados foi feito um registo das temperaturas dos diferentes locais orais (Figura 9) e foi realizado um estudo estatístico dos dados analisados.



**Figura 9 – Exemplo de imagem captada por termografia.**

As temperaturas médias dos dados recolhidos são visíveis na Tabela V, juntamente com o desvio-padrão. Os incisivos centrais superiores obtiveram uma temperatura de 31,8°C e com um grau de certeza de 68% a temperatura resultante foi de 33,6°C. Esta última foi a temperatura de referência utilizada neste trabalho para o aquecimento do silicone, no sentido de mimetizar a temperatura local na técnica direta.

**Tabela V – Valores obtidos após a análise estatística**

	<b>Incisivos centrais superiores</b>	<b>Primeiros molares superiores</b>	<b>Primeiros Molares inferiores</b>	<b>Segundos pré-molares inferiores</b>
<b>Média</b>	31,8	33,3	34,1	34,1
<b>Desvio-padrão</b>	1,9	1,5	1,8	2,1
<b>Margem de erro</b>	5,8%	4,5%	5,2%	6,1%
<b>Grau de certeza de 68%</b>	33,6	34,8	35,9	36,2

Do estudo-piloto verificou-se que as temperaturas médias mais altas estavam nas zonas dos primeiros molares inferiores e segundos pré-molares inferiores (34,1°C), seguindo-se os primeiros molares superiores (33,3°C) e, por fim, dos incisivos centrais superiores (31,8°C).

## Anexo II

Tabela VI – Resultados da análise em SPSS das temperaturas máximas da curva superior das diferentes resinas avaliadas.

	N	Média	Desvio-padrão	Erro DP	Média do Intervalo de Confiança de 95%		Mínimo	Máximo
					Limite Inferior	Limite superior		
TAB2000-2mm	10	73,1117	11,72358	3,70732	64,7252	81,4982	53,88	88,86
TRIM-2mm	10	53,0901	2,24844	,71102	51,4817	54,6985	50,15	57,72
Prottemp-2mm	10	40,6114	3,24329	1,02562	38,2913	42,9315	36,23	46,82
Structur-2mm	10	45,8810	3,89031	1,23022	43,0980	48,6640	39,32	51,43
TAB2000-4mm	10	111,6779	7,00177	2,21416	106,6691	116,6867	99,73	120,44
TRIM-4mm	10	74,8494	3,42325	1,08253	72,4006	77,2982	68,10	78,55
Prottemp-4mm	10	57,1348	1,28364	,40592	56,2165	58,0531	54,39	58,70
Structur-4mm	10	76,1496	6,89212	2,17948	71,2193	81,0799	66,81	86,53

### Anexo III

**Tabela VIII – Análise dos tempos acima de 47°C com tempos iguais ou superiores a 60s. Valor 0 – Abaixo dos 60s. Valor 1 – Igual ou superior a 60s.**

	157mm <sup>3</sup>				314mm <sup>3</sup>			
	TAB2000	TRIM	Protemp	Structur	TAB2000	TRIM	Protemp	Structur
Valor 0	4	10	10	10	0	0	10	0
% abaixo de 47°C (60s)	9,1%	22,7%	22,7%	22,7%	,0%	,0%	22,7%	,0%
Valor 1	6	0	0	0	10	10	0	10
% igual ou acima de 47°C (60s)	16,7%	,0%	,0%	,0%	27,8%	27,8%	,0%	27,8%

**Tabela VII – Análise dos tempos acima de 49°C com tempos iguais ou superiores a 5s. Valor 0 – Abaixo dos 5s. Valor 1 – Igual ou superior a 5s.**

	157mm <sup>3</sup>				314mm <sup>3</sup>			
	TAB2000	TRIM	Protemp	Structur	TAB2000	TRIM	Protemp	Structur
Valor 0	0	0	10	9	0	0	0	0
% abaixo de 49°C (5s)	,0%	,0%	52,6%	47,4%	,0%	,0%	,0%	,0%
Valor 1	10	10	0	1	10	10	10	10
% igual ou acima de 49°C (5s)	16,4%	16,4%	,0%	1,6%	16,4%	16,4%	16,4%	16,4%