



**INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ**

**MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA**

**ESTUDO COMPARATIVO DAS CARACTERÍSTICAS  
MICROSCÓPICAS E MACROSCÓPICAS ENTRE LIMAS  
ORIGINAIS E LIMAS DE CONTRAFAÇÃO**

Trabalho submetido por  
**Sofia Magalhães de Moura e Mota Furtado**  
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

novembro de 2021





**INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ**

**MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA**

**ESTUDO COMPARATIVO DAS CARACTERÍSTICAS  
MICROSCÓPICAS E MACROSCÓPICAS ENTRE LIMAS  
ORIGINAIS E LIMAS DE CONTRAFAÇÃO**

Trabalho submetido por  
**Sofia Magalhães de Moura e Mota Furtado**  
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalho orientado por  
**Prof.<sup>a</sup> Doutora Ana Cristina Mano Azul**

e coorientado por  
**Mestre Mário Jorge Rito Dias Pereira**

**novembro de 2021**



## **Agradecimentos**

Ao iniciarmos a elaboração da nossa tese para a obtenção do grau de mestre em Medicina Dentária, trabalho que envolve tempo, estudo e total disponibilidade, consciencializamos que a sua elaboração seria impossível sem a colaboração, incentivo e muito apoio de uma multitude de pessoas que, de múltiplas e variadas formas nos ajudaram.

Os nossos professores e mestres que constituem o corpo docente da “nossa escola” e que ao longo de cinco anos, com o seu saber, amizade e disponibilidade fizeram com que cada matéria se tornasse um ponto de interesse, despertando a nossa curiosidade, interesse e vontade de aprender.

Da mais elementar justiça, nomear e testemunhar os professores e mestres que nestes últimos anos mais de perto nos acompanharam, nomeadamente a Exma. Prof. Doutora Ana Cristina Mano Azul que com a sua postura de exigência e seriedade, nos mostraram os princípios que devem orientar quem opta por seguir esta profissão.

Também ao Mestre Mário Rito Pereira, o maior responsável pelo despertar do nosso interesse pela área clínica da Endodontia, e ao e Metre João Neves, pela orientação, tranquilidade, apoio e a não menos importante boa disposição e alento que tornaram este trabalho/estudo, tão estimulante.

A paciência que conosco tiveram no ensino prático, bem como a confiança que nos incutiram na utilização do Microscópio Electrónico de Varrimento, constituem também enorme dívida de gratidão para com o Exmo. Senhor Professor Doutor António Alves de Matos.

Deram-nos desinteressadamente o seu tempo, saber e amizade, muitas vezes com prejuízo da sua vida privada, familiar e profissional, esquecendo a sua comodidade e o descanso a que teriam direito, com a única finalidade de nos ajudarem a atingir o que de momento constitui, o nosso maior objetivo de vida.

Seria da maior injustiça e ingratidão que não iniciássemos este passo fundamental da nossa vida académica, agradecendo à nossa família, Pais e Irmãs que sempre, desde que manifestámos o desejo de seguir a profissão de médica dentista, nos apoiaram e estimularam para que atingíssemos esse objetivo.

Os nossos colegas e amigos, Nocas, Cata, Leo, Mada e Sebas que durante todo o curso nos acompanharam, fazendo com que as dúvidas e dificuldades que foram surgindo, se tornassem em fonte inspiradora de conhecimentos e de procedimentos, de forma a que sintamos o Instituto Universitário Egas Moniz e a sua clinica dentária como verdadeira escola e como a nossa segunda casa. Foi graças à sua amizade e entreaajuda que superámos muitas das nossas insuficiências, concretizando o nosso sonho.

Por fim, às minhas colegas de “box” e amigas, Madalena e Cláudia, pela amizade, boa disposição, ajuda diária e disponibilidade, fazendo da Clínica Egas Moniz um lugar tão aprazível.

A todos e aos muitos outros que tiveram também enorme importância na nossa formação e que por impossibilidade ou imperdoável esquecimento não estão aqui mencionados, o nosso

**MUITO OBRIGADO**



## Resumo

**Objetivos:** Este estudo teve como objetivo avaliar as propriedades microscópicas e macroscópicas de 14 marcas comerciais diferentes de limas endodônticas do tipo *K-File* para verificar se seguem as normas ISO e ANSI/ADA, bem como outras propriedades não contempladas nas normas.

**Materiais e Métodos:** Conjuntos de limas de 1ª série do tipo *K-File* de aço inoxidável de 13 marcas originais (*VDW, Dentsply Ready Steel, Falcon, Torino, Henry Schein, Mani, M-Precise, SybronEndo, Thomas, Komet, Smartdent, UDG e R&S*) e de uma marca de contrafação (*Dentsply Maillefer*) (n = 84), foram selecionadas para avaliação das propriedades macroscópicas, com recurso a um microscópio cirúrgico *Zeiss OPMI Pico*, e propriedades microscópicas, com recurso ao MEV. Posteriormente, um total de 616 fotografias adquiridas através do MEV e do Microscópio Cirúrgico, foram trabalhadas no *Adobe Photoshop CC 2019*, para se substituir o fundo de cada imagem por um fundo preto de forma a facilitar a visualização das mesmas. Para se quantificar os valores das propriedades avaliadas, foi utilizado o programa *ImageJ* sempre com uma escala calibrada que está presente em cada uma das imagens. Para cada parâmetro analisado foram efetuadas 3 medições diferentes sendo que o valor apresentado corresponde à média aritmética dos valores medidos.

**Resultados:** Verificaram-se diferenças significativas entre todas as limas analisadas quando comparadas entre si, com as normas ANSI/ADA e ISO e com outras variáveis.

**Conclusão:** Na pesquisa bibliográfica efetuada não foram encontrados estudos que comprovem a semelhança entre limas de contrafação e limas originais, sendo como tal relevante avaliar as características de cada uma e verificar se correspondem aos ditos padrões. Com este estudo concluímos que nenhuma das limas analisadas cumpre as normas ISO e ANSI/ADA, e por isso o controlo de qualidade deve ser avaliado de forma a conseguir-se obter uma padronização dos instrumentos endodônticos que estão disponíveis no mercado.

**Palavras-chave:** Limas *K-File*, normas ISO e ANSI/ADA, *design* macroscópico e microscópico, MEV



## **Abstract**

**Purpose:** The purpose of this study was to evaluate the microscopic and macroscopic properties of 14 different brands of endodontic K-Files in order to verify if they followed ISO and ANSI / ADA specifications, and assess other properties not mentioned on these specifications.

**Materials and Methods:** Stainless steel K- Files (sizes 15-40) from 13 original brands (*VDW, Dentsply Ready Steel, Falcon, Torino, Henry Schein, Mani, M-Precise, SybronEndo, Thomas, Komet, Smartdent, UDG and R&S*) and 1 counterfeit brand (*Dentsply Maillefer*) (n = 84) were selected to evaluate their macroscopic and microscopic properties, by using a *Zeiss OPMI Pico* surgical microscope and SEM, respectively. Subsequently, a total of 616 photographs were acquired either through SEM or Surgical Microscope, and afterwards worked on *Adobe Photoshop CC 2019*, in order to replace the background of each image with a black one for better visualization. In order to quantify the values of the studied properties, the *ImageJ* program was always used with a calibrated scale that is present in each of the images. For each analyzed parameter, 3 different measurements were taken, being the shown value, the arithmetic mean of the measured values.

**Results:** There were significant differences between all analyzed files, when compared to each other, to ANSI/ADA and ISO standards, and other variables.

**Conclusion:** In the bibliographical research carried out, no studies were found to prove the resemblance between counterfeit files and original files, making it relevant to evaluate the characteristics of each file and check if they are within said standards. With this study, we concluded that none of the analyzed files complies with ISO and ANSI / ADA specifications, therefore quality control must be re-evaluated in order to obtain a standardization of the endodontic instruments that are available on the market.

**Key words:** K-Files, ANSI/ADA and ISO specifications, macroscopic and microscopic design, SEM.



# Índice Geral

<b>I. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>1. CONTEXTUALIZAÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>2. DIAGNÓSTICO ENDODÔNTICO.....</b>	<b>17</b>
2.1. Diagnóstico Pulpar .....	18
2.2. Diagnóstico Periapical.....	22
<b>3. FASE PRÉ-TRATAMENTO ENDODÔNTICO.....</b>	<b>23</b>
<b>4. ACESSO ENDODÔNTICO .....</b>	<b>24</b>
<b>5. PREPARAÇÃO QUÍMICO-MECÂNICA DO SISTEMA CANALAR .....</b>	<b>24</b>
5.1. Preparação mecânica do canal radicular.....	25
5.2. Preparação química do canal radicular .....	25
<b>6. COMPLICAÇÕES MAIS COMUNS DURANTE A PREPARAÇÃO MECÂNICA .....</b>	<b>26</b>
6.1. Bloqueio Apical.....	27
6.2. Desvios da anatomia original do canal radicular.....	27
6.2.1. <i>Zip</i> .....	27
6.2.2. Degrau .....	28
6.2.3. Falso Trajeto.....	28
6.2.4. Perfuração.....	29
6.2.5. Fratura de instrumentos.....	29
<b>7. INSTRUMENTOS ENDODÔNTICOS.....</b>	<b>29</b>
7.1. Contextualização histórica dos instrumentos endodônticos .....	29
7.2. Evolução das Normas ANSI/ADA e ISO.....	31
7.3. Normas ANSI/ADA e ISO para os instrumentos endodônticos.....	32
7.3.1. Dimensões dos instrumentos endodônticos .....	34
7.3.2. Forma e ângulo da ponta.....	34
7.3.3. Designação de diâmetros.....	35
7.3.4. Designação da cor .....	36
7.3.5. Símbolo de identificação.....	36
7.3.6. Designação adicional .....	36
7.3.7. Conicidade.....	36
7.3.8. Ângulo de Hélice.....	37
7.3.9. Secção Transversal.....	37
7.4. Rótulos das embalagens .....	37
<b>II. OBJETIVOS DO ESTUDO .....</b>	<b>39</b>
<b>III. HIPÓTESES DE ESTUDO.....</b>	<b>39</b>

<b>IV. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>41</b>
<b>1. AMOSTRA DE ESTUDO .....</b>	<b>41</b>
1.1. Critérios de inclusão e exclusão .....	44
<b>2. PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS PARA ANÁLISE NO MEV.....</b>	<b>44</b>
<b>3. PREPARAÇÃO DA AMOSTRA PARA ANÁLISE NO MICROSCÓPIO CIRÚRGICO .....</b>	<b>45</b>
<b>4. PREPARAÇÃO DA AMOSTRA PARA ANÁLISE NO MEV .....</b>	<b>46</b>
<b>5. EDIÇÃO DAS IMAGENS OBTIDAS.....</b>	<b>47</b>
<b>V. RESULTADOS .....</b>	<b>57</b>
<b>1. ANÁLISE DO RÓTULO DOS INSTRUMENTOS ENDODÔNTICOS .....</b>	<b>57</b>
<b>2. ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MACROSCÓPICAS.....</b>	<b>62</b>
2.1. Número de espiras ativas .....	62
2.2. Defeitos Macroscópicos e Impurezas .....	63
2.3. Dimensões dos instrumentos endodônticos .....	64
2.3.1. Comprimento da parte ativa .....	64
2.3.2. Comprimento da haste metálica .....	65
2.3.3. Distância entre a ponta e aos anéis de calibração.....	65
<b>3. ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MICROSCÓPICAS.....</b>	<b>67</b>
3.1. Defeitos Microscópicos e Impurezas.....	67
3.2. Diâmetro da ponta em D0 e diâmetro no final da parte ativa em d16.....	68
3.3. Tipo de ponta .....	69
3.4. Ângulo da ponta .....	75
3.6. <i>Design</i> das espiras vendo se são simétricas ou não na sua parte ativa .....	76
3.7. <i>Design</i> da Secção Transversal .....	77
3.8. Conicidade.....	79
3.9. Ângulo de hélice.....	80
<b>VI. DISCUSSÃO .....</b>	<b>83</b>
<b>VII. CONCLUSÃO.....</b>	<b>91</b>
<b>1. RELEVÂNCIA CLÍNICA .....</b>	<b>92</b>
<b>2. PERSPETIVAS FUTURAS.....</b>	<b>93</b>
<b>VIII.BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>95</b>

## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b> - Imagem ilustrativa de um <i>zip</i> e um <i>elbow</i> . .....	27
<b>Figura 2</b> – Figura ilustrativa de um degrau. ....	28
<b>Figura 3</b> - Figura ilustrativa da um falso trajeto com perfuração. ....	28
<b>Figura 4</b> - Constituintes de um instrumento endodôntico tipo 1; (A) ponta; (B) parte ativa; (C) <i>Shaft</i> ; (D) cabo; (E) parte operadora. ....	33
<b>Figura 5</b> - Figura ilustrativa do que representa a zona de <i>pitch</i> .....	33
<b>Figura 6</b> - Figura ilustrativa da determinação da dimensão dos instrumentos endodônticos do tipo 1 em milímetros. ....	34
<b>Figura 7</b> - Figura ilustrativa da forma e do ângulo da ponta dos instrumentos endodônticos do tipo 1.....	34
<b>Figura 8</b> - Figura ilustrativa da determinação do diâmetro em d3 e d16 dos instrumentos endodônticos do tipo 1. ....	35
<b>Figura 9</b> - Figura ilustrativa da determinação do diâmetro em D0 dos instrumentos endodônticos do tipo 1.....	35
<b>Figura 10</b> - Figura ilustrativa da determinação do ângulo de hélice. ....	37
<b>Figura 11</b> - Imagem da amostra das diferentes marcas, com as embalagens rotuladas ( <i>K-File</i> , 25mm, 1ª série) .....	41
<b>Figura 12</b> - Amostras no suporte metálico (imagem à esquerda) e orientação da mesma (imagem à direita).....	44
<b>Figura 13</b> - <i>SEM - JSM - 5400 18</i> .....	45
<b>Figura 14</b> - Disposição da amostra sob a cartolina preta (imagem da esquerda) e orientação da mesma (imagem da direita).....	45
<b>Figura 15</b> - Microscópio cirúrgico <i>Zeiss OPMI Pico</i> acoplado à câmara fotográfica <i>Sony α 7s II</i> .....	46
<b>Figura 16</b> - Disco de metal para corte das limas (imagem da esquerda) e amostra montada na vertical no suporte metálico (imagem da direita).....	46
<b>Figura 17</b> - Exemplo de imagem obtida através do MEV antes e depois da substituição do fundo. ....	47
<b>Figura 18</b> - Exemplo de imagem obtida através do microscópio cirúrgico antes e depois da substituição do fundo. ....	47
<b>Figura 19</b> - Imagem obtida no MEV das limas da marca <i>VDW</i> que mostra (da direita para a esquerda) a parte coronal, média, apical e ponta da lima. ....	47
<b>Figura 20</b> - Imagem obtida no MEV das limas da marca <i>Denstply Ready Steel</i> que mostra (da direita para a esquerda) coronal, média, apical e ponta da lima. ....	48
<b>Figura 21</b> - Imagem obtida no MEV das limas da marca <i>Falcon</i> que mostra (da direita para a esquerda) a parte coronal, média, apical e ponta da lima. ....	48
<b>Figura 22</b> - Imagem obtida no MEV das limas da marca <i>Torino</i> que mostra (da direita para a esquerda) a parte coronal, média, apical e ponta das limas. ....	48
<b>Figura 23</b> - Imagem obtida no MEV das limas da marca <i>Henry Schein - Endoflex</i> que mostra (da direita para a esquerda) a parte coronal, média e apical e ponta das limas. .	48
<b>Figura 24</b> - Imagem obtida no MEV das limas da marca <i>Mani</i> que mostra (da direita para a esquerda) a parte coronal, média, apical e ponta das limas. ....	49
<b>Figura 25</b> - Imagem obtida no MEV das limas da marca <i>M-Precise</i> que mostra (da direita para a esquerda) a parte coronal, média, apical e ponta das limas. ....	49
<b>Figura 26</b> - Imagem obtida no MEV das limas da marca <i>SybronEndo</i> que mostra (da direita para a esquerda) a parte coronal, média, apical e ponta das limas. ....	49
<b>Figura 27</b> - Imagem obtida no MEV das limas da marca <i>Thomas</i> que mostra (da direita para a esquerda) a parte coronal, média, apical e ponta das limas. ....	49

<b>Figura 28</b> - Imagem obtida no MEV das limas da marca <i>Dentsply Maillefer</i> que mostra (da direita para a esquerda) a parte coronal, média, apical e ponta das limas. ....	50
<b>Figura 29</b> - Imagem obtida no MEV das limas da marca <i>Komet</i> que mostra (da direita para a esquerda) a parte coronal, média, apical e ponta das limas. ....	50
<b>Figura 30</b> - Imagem obtida no MEV das limas da marca <i>Smartdent</i> que mostra (da direita para a esquerda) a parte coronal, média, apical e ponta das limas. ....	50
<b>Figura 31</b> - Imagem obtida no MEV das limas da marca <i>UDG</i> que mostra (da direita para a esquerda) a parte coronal, média, apical e ponta das limas. ....	50
<b>Figura 32</b> - Imagem obtida no MEV das limas da marca <i>R&amp;S</i> que mostra (da direita para a esquerda) a parte coronal, média, apical e ponta das limas. ....	51
<b>Figura 33</b> - Imagem obtida no MEV da secção transversal das limas de calibre 40 das diferentes marcas. ....	51
<b>Figura 34</b> - Imagem obtida do Microscópio Cirúrgico (ampliação 5x) do conjunto das limas da marca <i>VDW</i> (esquerda) e <i>Dentsply Ready Steel</i> (direita). ....	51
<b>Figura 35</b> - Imagem obtida do Microscópio Cirúrgico (ampliação 31.25x) da ponta das seis limas da marca <i>VDW</i> . ....	52
<b>Figura 36</b> - Imagem obtida do Microscópio Cirúrgico (ampliação 31.25x) da ponta das seis limas da marca <i>Dentsply Ready Steel</i> . ....	52
<b>Figura 37</b> - Imagem obtida do Microscópio Cirúrgico (ampliação 31.25x) da ponta das seis limas da marca <i>Falcon</i> . ....	52
<b>Figura 38</b> - Imagem obtida do Microscópio Cirúrgico (ampliação 31.25x) da ponta das seis limas da marca <i>Torino</i> . ....	52
<b>Figura 39</b> - Imagem obtida do Microscópio Cirúrgico (ampliação 31.25x) da ponta das seis limas da marca <i>HenrySchein</i> . ....	53
<b>Figura 40</b> - Imagem obtida do Microscópio Cirúrgico (ampliação 31.25x) da ponta das seis limas da marca <i>Mani</i> . ....	53
<b>Figura 41</b> - Imagem obtida do Microscópio Cirúrgico (ampliação 31.25x) da ponta das seis limas da marca <i>M-Precise</i> . ....	53
<b>Figura 42</b> - Imagem obtida do Microscópio Cirúrgico (ampliação 31.25x) da ponta das seis limas da marca <i>SybronEndo</i> . ....	53
<b>Figura 43</b> - Imagem obtida do Microscópio Cirúrgico (ampliação 31.25x) da ponta das seis limas da marca <i>Thomas</i> . ....	53
<b>Figura 44</b> - Imagem obtida do Microscópio Cirúrgico (ampliação 31.25x) da ponta das seis limas da marca <i>Dentsply Maillefer</i> . ....	54
<b>Figura 45</b> - Imagem obtida do Microscópio Cirúrgico (ampliação 31.25x) da ponta das seis limas da marca <i>Komet</i> . ....	54
<b>Figura 46</b> - Imagem obtida do Microscópio Cirúrgico (ampliação 31.25x) da ponta das seis limas da marca <i>Smartdent</i> . ....	54
<b>Figura 47</b> - Imagem obtida do Microscópio Cirúrgico (ampliação 31.25x) da ponta das seis limas da marca <i>UDG</i> . ....	54
<b>Figura 48</b> - Imagem obtida do Microscópio Cirúrgico (ampliação 31.25x) da ponta das seis limas da marca <i>R&amp;S</i> . ....	54
<b>Figura 49</b> - Figuras ilustrativas dos defeitos e impurezas. Do lado esquerdo, um exemplo do que foi considerada uma lima sem defeitos e impurezas e do lado direito, um exemplo do que foi considerada uma lima com defeitos e impurezas. ....	63
<b>Figura 50</b> - Imagem ilustrativa de como foi medido o comprimento da parte ativa de cada lima analisada. ....	64
<b>Figura 51</b> - Imagem ilustrativa de como foi medido o comprimento da haste metálica de cada lima analisada. ....	65

<b>Figura 52</b> - Imagem ilustrativa de como foi medida a distância até aos anéis de calibração de cada lima analisada.....	65
<b>Figura 53</b> - Figuras ilustrativas de defeitos e impurezas. Do lado esquerdo, um exemplo do que foi considerada uma lima sem defeitos e sem impurezas e do lado direito, um exemplo do que foi considerada uma lima com poucos defeitos e poucas impurezas... 67	67
<b>Figura 54</b> - Figuras ilustrativas dos defeitos e impurezas. Do lado esquerdo, um exemplo do que foi considerada uma lima com alguns defeitos e impurezas e do lado direito, um exemplo do que foi considerada uma lima com muitos defeitos e impurezas. ....	67
<b>Figura 55</b> - Exemplo da medição do diâmetro em D0 na lima 35 da VDW e do diâmetro em d16 na lima #15 da <i>Smartdent</i> . ....	68
<b>Figura 56</b> - Imagem obtida através do MEV a uma ampliação de 200x da ponta das limas da marca VDW. ....	69
<b>Figura 57</b> - Imagem obtida através do MEV a uma ampliação de 200x da ponta das limas da marca comercial <i>Dentsply Ready Steel</i> . ....	70
<b>Figura 58</b> - Imagem obtida através do MEV a uma ampliação de 200x da ponta das limas da marca comercial <i>Falcon</i> . ....	70
<b>Figura 59</b> - Imagem obtida através do MEV a uma ampliação de 200x da ponta das limas da marca comercial <i>Torino</i> . ....	70
<b>Figura 60</b> - Imagem obtida através do MEV a uma ampliação de 200x da ponta das limas da marca comercial <i>Henry Schein – Endoflex</i> . ....	71
<b>Figura 61</b> - Imagem obtida através do MEV a uma ampliação de 200x da ponta das limas da marca comercial <i>Mani</i> . ....	71
<b>Figura 62</b> - Imagem obtida através do MEV a uma ampliação de 200x da ponta das limas da marca comercial <i>M-Precise</i> . ....	71
<b>Figura 63</b> - Imagem obtida através do MEV a uma ampliação de 200x da ponta das limas da marca comercial <i>SybronEndo</i> . ....	72
<b>Figura 64</b> - Imagem obtida através do MEV a uma ampliação de 200x da ponta das limas da marca comercial <i>Thomas</i> . ....	72
<b>Figura 65</b> - Imagem obtida através do MEV a uma ampliação de 200x da ponta das limas da marca <i>Dentsply Maillefer</i> . ....	72
<b>Figura 66</b> - Imagem obtida através do MEV a uma ampliação de 200x da ponta das limas da marca <i>Komet</i> . ....	73
<b>Figura 67</b> - Imagem obtida através do MEV a uma ampliação de 200x da ponta das limas da marca <i>Smartdent</i> . ....	73
<b>Figura 68</b> - Imagem obtida através do MEV a uma ampliação de 200x da ponta das limas da marca comercial UDG. ....	73
<b>Figura 69</b> - Imagem obtida através do MEV a uma ampliação de 200x da ponta das limas da marca comercial R&S. ....	74
<b>Figura 70</b> - Exemplo da medição do ângulo da ponta da lima #40 da <i>SybronEndo</i> . ....	75
<b>Figura 71</b> - Imagem ilustrativa do que foi considerado limas com um design simétrico das espiras na parte ativa. ....	76
<b>Figura 72</b> - Imagem ilustrativa do que foi considerado limas com um <i>design</i> assimétrico das espiras na parte ativa. ....	76
<b>Figura 73</b> - Secção transversal das limas de calibre #40 da VDW (esquerda) e da <i>Dentsply Ready Steel</i> (direita). ....	77
<b>Figura 74</b> - Secção transversal das limas de calibre #40 da <i>Falcon</i> (esquerda) e da <i>Torino</i> (direita). ....	77
<b>Figura 75</b> - Secção transversal das limas de calibre #40 da <i>Henry Schein Endoflex</i> (esquerda) e da <i>Mani</i> (direita). ....	77

<b>Figura 76</b> - Secção transversal das limas de calibre #40 da <i>M-Precise</i> (esquerda) e da <i>SybronEndo</i> (direita).....	78
<b>Figura 77</b> - Secção transversal das limas de calibre #40 da <i>Thomas</i> (esquerda) e da <i>Dentsply Maillefer</i> (direita). ....	78
<b>Figura 78</b> - Secção transversal das limas de calibre #40 da <i>Komet</i> (esquerda) e da <i>Smartdent</i> (direita). ....	78
<b>Figura 79</b> - Secção transversal das limas de calibre #40 da <i>UDG</i> (esquerda) e da <i>R&amp;S</i> (direita). ....	78
<b>Figura 80</b> - Exemplo da medição do diâmetro d3, da lima #40 da <i>Smartdent</i> . ....	79
<b>Figura 81</b> - Imagem ilustrativa de como foi determinado o ângulo de hélice para cada lima analisada. ....	80

## Índice de Tabelas

<b>Tabela 1</b> - Designação de diâmetros em D0, d3 e d16 para os instrumentos endodônticos do tipo 1 em milímetros. ....	35
<b>Tabela 2</b> – Designação da cor do cabo para os instrumentos do tipo 1. ....	36
<b>Tabela 3</b> - Materiais utilizados - marca comercial e especificações técnicas.....	41
<b>Tabela 4</b> - Identificação do rótulo das limas da marca comercial VDW.....	57
<b>Tabela 5</b> - Identificação do rótulo das limas da marca comercial <i>Dentsply Ready Steel</i> . .....	58
<b>Tabela 6</b> - Identificação do rótulo das limas da marca comercial <i>Falcon</i> . ....	58
<b>Tabela 7</b> - Identificação do rótulo das limas da marca comercial <i>Torino</i> . ....	58
<b>Tabela 8</b> - Identificação do rótulo das limas da marca comercial <i>Henry Schein – Endoflex</i> . ....	59
<b>Tabela 9</b> - Identificação do rótulo das limas da marca comercial <i>Mani</i> . ....	59
<b>Tabela 10</b> - Identificação do rótulo das limas da marca comercial <i>M-Precise</i> . ....	59
<b>Tabela 11</b> - Identificação do rótulo das limas da marca comercial <i>SybronEndo</i> . ....	60
<b>Tabela 12</b> - Identificação do rótulo das limas da marca comercial <i>Thomas</i> . ....	60
<b>Tabela 13</b> - Identificação do rótulo das limas da marca comercial <i>Dentsply Maillefer</i> . ....	60
<b>Tabela 14</b> - Identificação do rótulo das limas da marca comercial <i>Komet</i> . ....	61
<b>Tabela 15</b> - Identificação do rótulo das limas da marca <i>Smartdent</i> . ....	61
<b>Tabela 16</b> - Identificação do rótulo das limas da marca comercial UDG. ....	61
<b>Tabela 17</b> - Identificação do rótulo das limas da marca comercial R&S. ....	62
<b>Tabela 18</b> - Número de espiras ativas encontradas em cada lima analisada .....	62
<b>Tabela 19</b> - Quantificação dos defeitos macroscópicos e impurezas encontrados em cada lima analisada.....	63
<b>Tabela 20</b> - Comprimento da parte ativa de cada lima analisada em milímetros. ....	64
<b>Tabela 21</b> - Comprimento da haste metálica de cada lima analisada em milímetros. ...	65
<b>Tabela 22</b> – Valor da distância entre a ponta e os anéis de calibração nas limas em que estes estão presentes em milímetros. ....	66
<b>Tabela 23</b> - Quantificação dos defeitos microscópicos encontrados em cada lima analisada .....	68
<b>Tabela 24</b> - Quantificação das impurezas microscópicas encontrados em cada lima analisada .....	68
<b>Tabela 25</b> - Diâmetro da ponta em D0 de cada lima analisada em milímetros. ....	69
<b>Tabela 26</b> - Diâmetro da ponta em d16 de cada lima analisada .....	69
<b>Tabela 27</b> - Tabela síntese do tipo de ponta encontrado em cada lima analisada .....	74
<b>Tabela 28</b> - Tabela síntese do valor do ângulo da ponta de cada lima analisada. ....	75
<b>Tabela 29</b> - Tabela síntese da identificação da simetria ou assimetria do <i>design</i> das espiras na parte ativa das limas analisadas .....	76
<b>Tabela 30</b> - Tabela síntese da identificação do tipo de secção transversal de cada lima analisada .....	79
<b>Tabela 31</b> - Tabela síntese do diâmetro em d3, de cada lima analisada. ....	80
<b>Tabela 32</b> - Tabela síntese do valor da conicidade, de cada lima analisada. ....	80
<b>Tabela 33</b> - Tabela síntese do valor da do ângulo de hélice medido no terço apical de cada lima analisada. ....	81
<b>Tabela 34</b> - Tabela síntese do valor da do ângulo de hélice medido no terço médio de cada lima analisada. ....	81
<b>Tabela 35</b> - Tabela síntese do valor da do ângulo de hélice medido no terço coronal de cada lima analisada. ....	81



## **Lista de Abreviaturas**

**AAE** – *American Association of Endodontists*

**ANSI/ADA** - *American National Standards Instruments / American Dental Association*

**CAE** – Cuidado de acesso endodôntico

**DM** – *Dentsply Maillefer*

**DRS** – *Dentsply Ready Steal*

**EDTA** – Ácido Etilenodiaminotetracético

**F** – *Falcon*

**HS** – *Henry Schein*

**ISO** – *International Organization for Standardization*

**K** – *Komet*

**M** – *Mani*

**MEV** – Microscopia Eletrônica de Varrimento

**MP** – *M-Precise*

**NiTi** – Níquel-titânio

**SD** – *Smartdent*

**SE** – *SybronEndo*

**SEM** – *Scanning Electron Microscopy*

**SSt** – *Stainless Steel*

**TH** – *Thomas*

**TO** – *Torino*



# I. Introdução

## 1. Contextualização

A polpa dentária está exposta a uma série de fatores e/ou substâncias irritantes que lhe são nocivos à sua saúde e comprometem as suas funções (Yu & Abbott, 2007). A infecção bacteriana é a causa mais frequente de doenças pulpares e periapicais (Basrani & Haapasalo, 2012), e as bactérias podem entrar no dente através de cáries, canais laterais expostos ou cimento danificado como resultado de doenças periodontais, fraturas ou desadaptação marginal na interface restauração-dente (Seltzer & Farber, 1994; Takahashi, 1998).

A polpa dentária é um tecido conjuntivo estéril protegido por esmalte, dentina e cimento. Uma lesão de cárie significativa, que alcance a câmara pulpar, origina uma inflamação deste tecido. A progressão dos micro-organismos e subsequente inflamação, se não tratada, levará a necrose pulpar (Segura-Egea et al., 2017; Zaleckiene et al., 2014).

Os micro-organismos podem colonizar o tecido pulpar depois de haver uma diminuição ou supressão do aporte sanguíneo, tendo assim a infecção um papel fundamental na iniciação, progressão e estabelecimento de condições perirradiculares (Zaleckiene et al., 2014).

É possível prevenir e tratar estas condições através do tratamento endodôntico não cirúrgico (Karamifar et al., 2020).

Segundo o glossário dos termos endodônticos publicado pela *American Association of Endodontists* (AAE) em 2020, a Endodontia é a área da Medicina Dentária que se ocupa com o estudo da morfologia, fisiologia e patologia da polpa dentária e dos tecidos perirradiculares. Daí a importância das ciências básicas e clínicas no seu estudo, incluindo a biologia da polpa sã, bem como a etiologia, o diagnóstico, a prevenção e o tratamento de doenças e lesões da polpa e também, as condições perirradiculares associadas.

O tratamento endodôntico inclui a erradicação de micro-organismos presentes nos canais radiculares, prevenindo a reinfeção (Haapasalo et al., 2010). As bactérias são reconhecidas como o principal fator etiológico no desenvolvimento de lesões pulpares e periapicais, sendo o tratamento endodôntico o tratamento de eleição para a resolução destas lesões (Basrani & Haapasalo, 2012).

O tratamento endodôntico primário, produz resultados previsíveis com alta taxa de sucesso. Também no tratamento e prevenção da periodontite apical quando realizados de acordo com os princípios clínicos padrão, o tratamento endodôntico cirúrgico como o não cirúrgico, apresentam uma elevada taxa de sucesso (de Chevigny et al., 2008; Karamifar et al., 2020; Sjogren et al., 1990; Torabinejad et al., 2007). Apesar da elevada taxa de sucesso, o tratamento não é 100% previsível uma vez que é considerado insucesso no caso de haver persistência dos sintomas clínicos (Ashley & Harris, 2001).

No tratamento endodôntico está indicada a desinfecção e preparação dos canais assim como a sua obturação tridimensional (Hülsmann et al., 2005; Schilder, 1974; Vertucci, 2005). Este procedimento, tem como objetivo aliviar e prevenir sinais e sintomas clínicos (Ashley & Harris, 2001).

O tratamento endodôntico, como todos os procedimentos clínicos, deve ser minucioso e respeitando os tempos e fases do procedimento. Na sua execução deverão ser respeitadas escrupulosamente as sucessivas fases de diagnóstico, de preparação do dente para se proceder com segurança ao tratamento final. É no respeito pelas diferentes fases do procedimento clínico e dos respectivos tempos, que se encontra a chave do sucesso do tratamento endodôntico.

O sucesso do tratamento endodôntico, depende:

- a) Do diagnóstico, na qual a causa da doença é identificada e o plano e estratégia de tratamento é traçado (Bender, 2000);
- b) Da preparação do canal, na qual, se procede à limpeza, desinfecção, conformação do canal radicular, e remoção do conteúdo do canal radicular sendo que o próprio espaço do canal radicular é moldado para receber uma obturação tridimensional (Ozen & Akgün, 2013);
- c) Da obturação, na qual o sistema de canais é preenchido com um material inerte para garantir um correto selamento do mesmo (Schilder, 2006);
- d) Da reabilitação, que deve ser feita imediatamente após concluído o tratamento endodôntico e que tem como objetivo devolver ao dente a sua forma, função e estética de forma a prevenir a infiltração de bactérias no sistema canalar (Gillen et al., 2011).

Todos os dentes têm indicação e possibilidade de sucesso para tratamento endodôntico, o que significa que em teoria não existem contraindicações para este

tratamento. É, no entanto, condição “*sine qua non*” que o dente esteja periodontalmente saudável ou possa o respetivo forâmen apical ser selado. Para isso poder-se-á optar por uma abordagem não cirúrgica (isolando o dente com dique de borracha e fazendo a abordagem através de uma cavidade de acesso) ou cirúrgica (com a abertura de retalho, apicectomia e retro-obturação), conforme as condi oes locais e do próprio dente aconselharem (Ng & Gulabivala, 2020).

O tratamento endodôntico convencional (não cirúrgico) em dentes permanentes está indicado nas seguintes situa oes, estabelecidas pela AAE, em 2013:

- a) Dentes com pulpite irreversível sintomática ou assintomática, com ou sem evidência de lesão periapical;
- b) Dentes com polpa necrosada com ou sem evidência de lesão periapical;
- c) Dentes vitais cuja polpa estaria comprometida aquando de outros tratamentos dentários;
- d) Dentes que sejam submetidos a tratamentos restauradores em que possa ser necessário colocar um espigão intraradicular e um núcleo para ajudar na reten o da peça;
- e) Dentes que estejam fissurados ou fraturados com envolvimento pulpar;
- f) Dentes com hipersensibilidade térmica que interfiram com as necessidades básicas do paciente e quando outros tratamentos para a hipersensibilidade não tenham funcionado.

O sucesso do tratamento endodôntico é definido como a redu o ou ausência de uma lesão radiográfica e ausência de sintomas clínicos do dente afetado após um período mínimo de observa o de 1 ano (Orstavik, 1996). Por outro lado, o insucesso está associado   permanência ou aparência de sinais clínicos e radiográficos resultantes de uma remo o, ineficaz, de micro-organismos do interior do sistema canalar (D’Arcangelo et al., 1999).

## **2. Diagnóstico endodôntico**

O primeiro passo para se realizar um tratamento endodôntico, é fazer um diagnóstico correto e preciso, a fim de se elaborar um plano de tratamento adequado. Um diagnóstico pulpar e/ou periodontal correto estabelece-se principalmente para aferir a necessidade do tratamento endodôntico (AAE, 2013a).

Um sistema de classificação universal permite a comunicação universal entre médicos, estudantes, investigadores, etc. Um sistema simples e prático que use termos relacionados com os achados clínicos é essencial e irá ajudar os clínicos a compreender a natureza progressiva da doença pulpar e/ou periapical, direcionando-os para a abordagem de um tratamento adequado a cada situação (AAE, 2013a).

As doenças dos tecidos pulpares e/ou periapicais são dinâmicas e progressivas e, como tal, os sinais e sintomas podem variar, dependendo da fase da doença e do estado do dente. Associado a isto, existem limitações associadas aos testes pulpares, bem como às técnicas de exame clínico e radiográfico (AAE, 2013a).

Um diagnóstico endodôntico completo deve ser elaborado para cada dente avaliado e por isso, o médico dentista deve recolher alguns dados do paciente e realizar simultaneamente vários testes e exames (Cooley et al., 1984; McClannahan et al., 2011). Ao combinar as informações subjetivas e objetivas, pode-se chegar a um correto diagnóstico que deve combinar um diagnóstico endodôntico pulpar e outro periapical (Berman & Hargreaves, 2020; Jafarzadeh & Abbott, 2010).

## **2.1. Diagnóstico Pulpar**

A polpa é composta por tecido conjuntivo no qual estão presentes nervos sensoriais e motores que são de capital importância na sua defesa contra a infeção. Nesta ação defensiva “protetora”, a dor tem papel fundamental. Fisiologicamente, as fibras responsáveis por produzirem a dor aguda inicial em resposta a estímulos externos são as fibras A-  $\delta$  e A-  $\beta$ , muito em virtude da sua localização periférica, baixo limiar de excitabilidade e condução rápida. Acessoriamente, as fibras C causam uma dor lenta, devido ao seu limiar muito mais alto de excitabilidade e condução lenta. Quase todas as fibras A-  $\delta$  estão localizadas na porção coronal da polpa, com a maior densidade nervosa nos cornos pulpares enquanto as fibras C se localizam na polpa propriamente dita, estendendo-se até zonas ricas em células (Yu & Abbott, 2007). Existem várias teorias explicativas para a transmissão da dor sendo que a mais aceite é a teoria hidrodinâmica (Matthews & Vongsavan, 1994), que postula que um estímulo como o frio quando aplicado ao dente, origina uma saída do fluído intratubular ou um estímulo quente que quando aplicado na superfície dentária origina um movimento do fluído intratubular para o interior, em direção à polpa. Este rápido movimento do fluído, para fora ou para dentro originará uma deformação mecânica direta nas fibras A-  $\delta$  (Yu & Abbott, 2007).

O diagnóstico pulpar é definido como um procedimento de diagnóstico utilizado para determinar o estado pulpar. Este pode ser realizado através de testes elétricos, mecânicos ou térmicos para avaliar a resposta da polpa ao estímulo (AAE, 2020).

Existem vários testes pulpares disponíveis e podem ser divididos em testes de sensibilidade ou de vitalidade. Os métodos mais comuns para o teste de sensibilidade pulpar são através da estimulação térmica (frio e calor), estimulação elétrica ou estimulação diretamente à dentina (teste cavitário) (Jafarzadeh & Abbott, 2010). Os testes de sensibilidade pulpar têm sido usados para determinar indiretamente o estado de saúde pulpar, avaliando a condição dos nervos no interior da polpa dentária. Uma grande lacuna destes testes é que não indicam o estado de saúde da polpa e em algumas situações, as respostas podem não ser fiáveis uma vez que comumente temos resultados falsos-positivos e falsos-negativos (Gopikrishna et al., 2009). Além disso, os testes de sensibilidade não indicam a vitalidade da polpa, ou seja, se está adequadamente vascularizada ou não.

Os testes pulpares devem ser realizados inicialmente longe da área da queixa principal, iniciando-se nos dentes contralaterais sãos, depois nos dentes oponentes, depois nos dentes presumivelmente saudáveis dentro do quadrante com queixas e por fim no dente em questão. Esta estratégia permite que o clínico avalie a gama de respostas normais exibidas pelos dentes assintomáticos no paciente e que este saiba o que esperar do teste (Berman & Hargreaves, 2020).

Os testes de vitalidade pulpar incluem fluxometria por laser Doppler, oximetria de pulso e medição da temperatura dentária. Os dois primeiros são supostamente capazes de avaliar o fluxo sanguíneo diretamente na polpa dentária. Apesar de ser um melhor indicador do estado de saúde pulpar de um dente, que pode superar a maioria dos problemas associados aos testes de sensibilidade pulpar, os testes de vitalidade podem não refletir o verdadeiro estado de saúde da polpa dentária em situações clínicas em que a polpa dentária está afetada, mas mantém um fluxo sanguíneo viável (Alghaithy & Qualtrough, 2017).

Atualmente, o *Gold Standard* para determinar o estado real da saúde pulpar é o exame histológico da polpa dentária, no entanto, é um método invasivo uma vez que exige a extração do dente em questão (Alghaithy & Qualtrough, 2017).

Depois de efetuados estes testes, a informação deve ser toda reunida para se chegar a uma conclusão relativamente ao diagnóstico pulpar. A AAE (2013), considera o diagnóstico pulpar em sete diferentes estádios: polpa normal, pulpíte reversível, pulpíte irreversível sintomática, pulpíte irreversível assintomática, necrose pulpar, dente com tratamento previamente iniciado ou dente com tratamento prévio.

A polpa normal, é caracterizada por uma polpa que não apresenta sintomas e que responde de forma normal aos testes efetuados, mas que pode ser histologicamente anormal. Considera-se uma polpa como "clínicamente" normal, quando esta tem uma resposta transitória e leve aos testes térmicos, com duração não superior a um ou dois segundos após a remoção do estímulo (AAE, 2013a, 2020; Berman & Hargreaves, 2020; McClannahan et al., 2011).

A pulpíte é definida como um termo clínico e histológico que denota inflamação da polpa dentária. É descrito clinicamente como reversível ou irreversível e histologicamente como aguda, crónica ou hiperplásica (AAE, 2020).

A pulpíte reversível baseia-se em achados subjetivos e objetivos, indicando que a inflamação se deve resolver após tratamento adequado não invasivo da etiologia diagnosticada, voltando a polpa ao normal. O desconforto é sentido quando um estímulo térmico é aplicado e desaparece alguns segundos após a remoção do estímulo. As etiologias mais frequentes incluem a dentina exposta (sensibilidade dentária) e lesões de cárie ou restaurações profundas. Não há alterações radiográficas significativas na região periapical do dente suspeito e a dor experimentada não é espontânea. Após o tratamento da etiologia, o dente exige uma avaliação mais aprofundada para determinar se a polpa dentária, retornou ao estado normal (reversível) (AAE, 2013a, 2020; Berman & Hargreaves, 2020; McClannahan et al., 2011; Rees & Addy, 2002).

Embora a sensibilidade dentinária em si não seja um processo inflamatório, todos os sintomas dessa entidade imitam os de uma pulpíte reversível (AAE, 2013a, 2020; Berman & Hargreaves, 2020; McClannahan et al., 2011; Rees & Addy, 2002).

A pulpíte irreversível pode ser diferenciada em dois estádios: a sintomática e a assintomática (Berman & Hargreaves, 2020).

O diagnóstico de pulpíte irreversível sintomática, baseia-se em achados subjetivos e objetivos sugestivos de que a polpa dentária vital inflamada, não é susceptível ao tratamento conservador, tendo por isso indicação para tratamento endodôntico. A sintomatologia característica pode incluir dor aguda e persistente (que permanece 30 segundos ou mais após a remoção do estímulo), espontânea e referida quando é aplicado um estímulo térmico. Por vezes, a dor pode exacerbar-se por alterações posturais e os analgésicos de venda livre são tipicamente ineficazes (AAE, 2013a, 2020)

As etiologias mais comuns podem incluir lesões de cárie profundas, restaurações extensas ou fraturas com envolvimento pulpar. Dentes com pulpíte irreversível sintomática podem ser de difícil diagnóstico, sobretudo nos estádios precoces porque a inflamação ainda não atingiu os tecidos periapicais (McClannahan et al., 2011). Nesses casos, a história dentária e os testes térmicos são os principais meios para avaliar o *status* pulpar (AAE, 2013a, 2020; Berman & Hargreaves, 2020).

A pulpíte irreversível assintomática é caracterizada pela inexistência de sintomas clínicos, mas havendo normalmente resposta a testes térmicos. Pode também encontrar-se na anamnese, história de trauma ou de uma lesão anterior de cárie profunda de que eventualmente resultaria exposição pulpar, após a sua remoção (AAE, 2013a, 2020; Berman & Hargreaves, 2020; McClannahan et al., 2011). O diagnóstico clínico baseado nestes achados subjetivos e objetivos, indicam que a polpa inflamada é incapaz de cicatrizar e por isso, o tratamento endodôntico está indicado (AAE, 2013a).

Na necrose pulpar há isquemia da polpa dentária que leva à sua inviabilidade e consequente necrose, havendo indicação absoluta para o tratamento endodôntico. A polpa não responde habitualmente aos testes pulpares e é assintomática. Alguns dentes podem não responder ao teste pulpar por causa da sua calcificação, histórico recente de trauma ou simplesmente por diminuição da sensibilidade do dente. Por essa razão, os testes devem ser sempre de natureza comparativa (AAE, 2013a, 2020; Berman & Hargreaves, 2020; McClannahan et al., 2011).

Um dente com um tratamento previamente iniciado indica que o dente foi tratado anteriormente por terapia endodôntica, como uma pulpotomia ou pulpectomia parciais. Dependendo do nível da terapia, o dente pode ou não responder às modalidades de teste pulpar (AAE, 2013a, 2020; Berman & Hargreaves, 2020; McClannahan et al., 2011).

Um dente com tratamento prévio implica ter sido anteriormente tratado endodonticamente, estando os canais obturados com um material de preenchimento que não sejam medicação intracanal. O dente normalmente não responde aos testes térmicos ou elétricos (AAE, 2013a, 2020; Berman & Hargreaves, 2020; McClannahan et al., 2011).

## **2.2. Diagnóstico Periapical**

Todos os testes anteriormente mencionados, devem ser usados em conjunto com outros testes clínicos, como sondagem periodontal, percussão, palpação, mobilidade, transiluminação e testes anestésicos para auxiliar no processo de diagnóstico. Como mencionado anteriormente devem ser de natureza comparativa (AAE, 2013).

Relativamente ao diagnóstico periapical e segundo a AAE (2013), podemos ter seis tipos diferentes de diagnóstico periapical: tecidos apicais normais, periodontite apical sintomática, periodontite apical assintomática, abscesso apical agudo, abscesso apical crônico e osteíte condensante.

Os tecidos apicais normais não são sensíveis aos testes de percussão ou palpação e radiograficamente, a lâmina dura ao redor da raiz está intacta e o espaço do ligamento periodontal uniforme (AAE, 2013a, 2020; Berman & Hargreaves, 2020; McClannahan et al., 2011).

A periodontite apical refere-se a uma inflamação do periodonto (AAE, 2020), que quando localizada nos tecidos periapicais, é chamada de periodontite apical.

A periodontite apical pode ser subdividida em periodontite apical sintomática ou assintomática (Berman & Hargreaves, 2020).

A periodontite apical sintomática é caracterizada pela inflamação do periodonto apical, produzindo sintomas clínicos que envolvem uma resposta dolorosa à percussão e/ou à palpação. Essa condição pode ou não ser acompanhado por alterações radiográficas, dependendo do estadio da doença, que se podem traduzir por um espessamento do ligamento periodontal ou uma radiotransparência apical. Dor intensa à percussão ou à palpação são indicativos para o tratamento endodôntico (AAE, 2013a, 2020; Berman & Hargreaves, 2020; McClannahan et al., 2011).

Na periodontite apical assintomática existe uma inflamação e destruição do periodonto na sua porção apical, de origem pulpar. Radiograficamente, apresenta uma

radiotransparência apical e não reage clinicamente à percussão ou palpação (AAE, 2013a, 2020; Berman & Hargreaves, 2020; McClannahan et al., 2011).

O abscesso apical agudo é uma reação inflamatória à infecção pulpar e necrose caracterizada por início rápido, dor espontânea e frequentemente com febre, extrema sensibilidade à pressão, formação de pus e inchaço dos tecidos adjacentes. Pode não haver sinais radiográficos de destruição óssea (AAE, 2013a, 2020; Berman & Hargreaves, 2020; McClannahan et al., 2011).

O abscesso apical crônico é uma reação inflamatória à infecção pulpar e necrose caracterizada por ter um início gradual, pouco ou nenhum desconforto e drenagem intermitente de pus através de um trajeto fistuloso. Radiograficamente, há sinais de destruição óssea e para identificação do trajeto fistuloso, deve ser feita uma fistulografia (AAE, 2013a, 2020; Berman & Hargreaves, 2020; McClannahan et al., 2011).

A osteíte condensante é uma lesão radiopaca difusa, que representa uma reação óssea localizada, causada por um estímulo inflamatório de baixo grau, geralmente visto no ápice de um ou mais dentes. O estímulo inflamatório pode ter origem numa polpa necrótica, restauração extensa ou fissura. O paciente pode apresentar-se assintomático ou demonstrar uma ampla variedade de sintomas aos testes pulpares. Os testes de percussão e palpação podem ser positivos (AAE, 2013a, 2020; McClannahan et al., 2011).

### **3. Fase pré-tratamento endodôntico**

Para realizar o tratamento endodôntico de forma adequada, o campo operatório deve ser adequadamente isolado com um dique de borracha. O isolamento absoluto é mandatório, (AAE, 2017), e fornece um campo asséptico que isola o dente da contaminação oral e salivar melhorando a eficácia do tratamento. Simultaneamente, melhora o acesso e a visibilidade do campo operatório, retraindo tecidos moles e diminuindo o risco do paciente aspirar ou deglutir instrumentos, medicamentos, soluções irrigantes e restos de material biológico (Berman & Hargreaves, 2020; Cardoso et al., 2018).

A colocação do mesmo pode estar dificultada uma vez que o médico dentista é várias vezes confrontado com a necessidade de tratar dentes com grandes destruições

coronárias por lesões de cárie. Assim, o tratamento endodôntico não começa com a colocação do dique de borracha, mas sim com os procedimentos restauradores e periodontais necessários para simplificar e permitir o posicionamento do mesmo (Berman & Hargreaves, 2020; Heydrich, 2005).

#### **4. Acesso endodôntico**

Uma cavidade de acesso endodôntico (CAE) é a primeira etapa no tratamento endodôntico não cirúrgico (Shabbir et al., 2021). A cavidade de acesso é definida segundo a AAE (2020), como a abertura de um dente para se ter acesso ao sistema de canais radiculares com a finalidade de limpar, moldar e obturar. O acesso endodôntico tem como objetivos, remover lesões de cárie, remover o teto da câmara pulpar, localizar os canais e permitir um acesso em linha reta aos canais para minimizar o stress imposto aos instrumentos endodônticos (McSpadden, 2007), ao mesmo tempo que conserva a estrutura dentária remanescente (Clifford, 2005). Embora as preparações de acesso tradicionais consigam alcançar os objetivos mencionados anteriormente, surgiram algumas preocupações no que diz respeito à sobrevivência do dente e resistência à fratura, o que levou a que os médicos dentistas se esforçassem para minimizar a quantidade de estrutura dentária removida durante a preparação do acesso (Shabbir et al., 2021).

#### **5. Preparação químico-mecânica do sistema canal**

Como já foi dito anteriormente, o principal objetivo do tratamento endodôntico é tratar dentes com periodontite apical ou dentes com polpas dentárias irreversivelmente inflamadas, de modo a evitar a periodontite apical (Gulabivala et al., 2005). O tratamento endodôntico requer uma limpeza e conformação adequadas do interior do canal radicular (Ounsi et al., 2017).

O preparo e desinfecção do canal radicular através de uma combinação de preparação mecânica e desinfecção química, visa remover o tecido orgânico e inorgânico do interior do canal radicular, reduzir o número de microrganismos, neutralizar endotoxinas dentro da dentina, alargar o espaço do canal radicular para facilitar o fluxo de irrigação e preparar o canal radicular para uma obturação adequada (Basrani & Haapasalo, 2012; Cheung, 2009; Haapasalo et al., 2005; Hülsmann, 2013; Versluis et al., 2012).

Esta etapa é considerada a mais importante do tratamento endodôntico (Haapasalo et al., 2005; Metzger et al., 2013). O preparo e a desinfecção atuam física e quimicamente no lúmen do canal radicular, tentando remover a totalidade de material infetado, mas também atuam na dentina circundante e em todos os seus componentes, incluindo os túbulos dentinários. O processo químico-mecânico do tratamento endodôntico, visa a assepsia do campo cirúrgico, tentando remover o biofilme aderente, os micro-organismos e os seus subprodutos (Hülsmann, 2013).

### **5.1. Preparação mecânica do canal radicular**

A instrumentação, é geralmente o passo mais demorado, tecnicamente mais exigente e provavelmente o mais importante de todo o tratamento endodôntico (Cheung, 2009; Haapasalo et al., 2005; Hülsmann et al., 2005). Esta etapa inclui a remoção de tecidos vitais ou necrosados do interior do sistema de canal juntamente com a dentina radicular infetada (Haapasalo et al., 2005; Ounsi et al., 2017; Zehnder, 2006). Em casos de retratamento, a remoção de obstáculos metálicos e não metálicos, utilizados no tratamento anterior (Shahravan et al., 2018). Tem ainda como objetivo preparar o espaço do canal para facilitar a desinfecção com irrigantes e medicação intracanal (Gulabivala et al., 2005; Hülsmann et al., 2005) e prepara-lo para receber o material obturador (Bürklein & Schäfer, 2013). Para se alcançar o terço apical do dente em tratamento, é necessário melhorar a morfologia do canal radicular, dando-lhe uma forma progressivamente mais cônica (Ounsi et al., 2017).

### **5.2. Preparação química do canal radicular**

Se os canais radiculares pudessem ser completamente limpos usando apenas irrigação e obturados de forma eficaz, não haveria necessidade de instrumentação mecânica (Metzger et al., 2013). Pelo contrário, a preparação mecânica por si só, é insuficiente para erradicar a infecção intrarradicular. É necessário combiná-la com o uso de irrigantes (Basrani & Haapasalo, 2012), líquidos usados para irrigação intracanal com a finalidade de obter a sua assepsia. São exemplos de irrigantes o hipoclorito de sódio, a solução salina, a clorohexidina, o peróxido de hidrogénio e o EDTA (AAE, 2020).

Irrigação foi definida pela AAE (2020) como o processo de lavagem do campo cirúrgico através de uma corrente de fluido antisséptico. A irrigação intracanal facilita a remoção física de materiais do interior do canal e a introdução no seu interior, de

produtos químicos que vão proporcionar uma atividade antimicrobiana, a desmineralização, a dissolução de tecidos, o branqueamento e o controlo da hemorragia. Esta etapa do tratamento endodôntico é fundamental para o sucesso do tratamento (Haapasalo et al., 2012).

Como referido anteriormente, a irrigação em endodontia tem objetivos mecânicos, químicos e biológicos. Os objetivos mecânicos e químicos são a remoção dos detritos, lubrificação do canal, dissolução do tecido orgânico e inorgânico e evitar a formação de uma camada de esfregaço durante a instrumentação ou dissolvê-la se se tiver anteriormente formado. O objetivo biológico dos irrigantes está relacionada com o seu efeito antimicrobiano, mais especificamente com a sua alta eficácia contra microorganismos anaeróbios e facultativos, com a capacidade de inativar endotoxinas, e não serem tóxicos quando entram em contato com tecidos vitais (Basrani & Haapasalo, 2012).

A eficácia dos irrigantes na dissolução da matéria orgânica e inorgânica pode ser melhorada se for aumentado o pH e/ou a temperatura das soluções, se for utilizada ativação ultrassónica ou ainda se aumentarmos o tempo de atuação dos solutos irrigantes (Basrani & Haapasalo, 2012). O irrigante de utilização mais comum é o hipoclorito de sódio devido à sua grande atividade antimicrobiana e eficácia na dissolução de tecidos orgânicos e/ou tecido pulpar necrótico (Basrani & Haapasalo, 2012; Estrela et al., 2002; Gordon et al., 1981; Zehnder, 2006).

## **6. Complicações mais comuns durante a preparação mecânica**

Existe um consenso entre endodontistas, de que a preparação do canal radicular é a fase mais importante para o sucesso do tratamento endodôntico. Durante o preparo mecânico, a anatomia intracanal original deve ser respeitada. Para isto são necessários recursos e estratégias (Bürklein & Schäfer, 2013).

Contudo, em alguns casos, quando estamos perante raízes com curvaturas acentuadas ou canais estreitos, o tratamento pode estar dificultado podendo levar a acidentes indesejados como a formação de degraus, a fratura de instrumentos ou até mesmo perfurações (Weine et al., 1976). Em 2013 e em 2011 respetivamente, Bürklein & Schäfer e Gutmann & Lovdahl, descreveram algumas das principais complicações que podem surgir durante a preparação intracanal com instrumentos de aço inoxidável.

## 6.1. Bloqueio Apical

O bloqueio do forâmen apical do canal radicular ocorre como resultado da acumulação de tecido duro e/ou detritos e resulta na perda do comprimento de trabalho e da permeabilidade do canal radicular (Gutmann & Lovdahl, 2011). Como consequência, a desinfecção completa da parte mais apical do sistema de canais radiculares é impossível e o sucesso do tratamento fica comprometido (AAE, 2020; Hülsmann et al., 2005).

## 6.2. Desvios da anatomia original do canal radicular

As limas de aço inoxidável, são considerados instrumentos rígidos e por isso tendem a endireitar canais curvos, resultando na formação de saliências e no transporte apical. Os desvios da anatomia original do canal podem ter origem no transporte do canal que resulta da remoção de estrutura dentinária da parte externa da curvatura na metade apical do canal, devido à tendência das limas voltarem à sua forma original durante o preparo do canal; pode levar à formação de degraus ou até mesmo perfurações (AAE, 2020; Gutmann & Lovdahl, 2011).

### 6.2.1. Zip

Num caso de um canal curvo, um transporte muito acentuado junto ao forâmen apical, resulta numa forma de lágrima devido ao trespasse da lima através do forâmen apical e subsequente transporte dessa parede externa do canal. Esta complicação mais conhecida por *zip*, complica a correta desinfecção e obturação do canal (AAE, 2020; Gutmann & Lovdahl, 2011). Há zona de constrição que se situa por cima da zona denominada *zip*, chamamos de *elbow* (Hülsmann et al., 2005) (Figura 1).

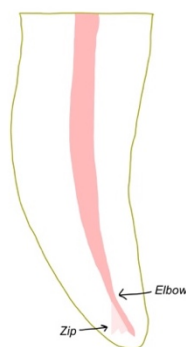


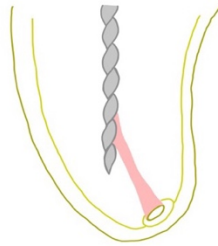
Figura 1 - Imagem ilustrativa de um *zip* e um *elbow*.

Mais recentemente o transporte apical foi subdividido em três (3) tipos (Bürklein & Schäfer, 2013):

- Tipo I: Existe apenas um pequeno movimento da posição fisiológica do forâmen apical, resultando numa leve translocação iatrogénica.
- Tipo II: Existe um movimento moderado da posição fisiológica do forâmen apical, resultando numa translocação iatrogénica considerável na superfície externa da raiz.
- Tipo III: Existe um movimento severo da posição fisiológica do forâmen apical, resultando numa translocação iatrogénica significativa do mesmo.

### **6.2.2. Degrau**

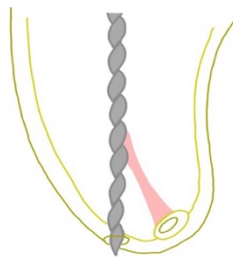
Um degrau (Figura 2) pode ocorrer como resultado da preparação com instrumentos com uma ponta cortante, afiada e inflexível resultando numa irregularidade artificial criada na parede externa do canal radicular e que dificulta o acesso de instrumentos ao terço mais apical deste ( AAE, 2020; Hülsmann et al., 2005).



**Figura 2** – Figura ilustrativa de um degrau.

### **6.2.3. Falso Trajeto**

O termo falso trajeto (Figura 3) implica que após a existência de um degrau, houve insistência da ponta do instrumento contra a parede do canal, até que este crie a sua própria saída na raiz que não coincide com o forâmen apical original (Gutmann & Lovdahl, 2011).



**Figura 3** - Figura ilustrativa da um falso trajeto com perfuração.

#### 6.2.4. Perfuração

As perfurações do canal radicular implicam que haja uma comunicação mecânica ou patológica entre o sistema de canais e a superfície externa do dente (AAE, 2020). A perfuração por *striping* implica a penetração completa da parede do canal radicular devido à remoção excessiva da estrutura dentinária durante o preparo do canal com instrumentos inflexíveis e de ponta cortante (Gutmann & Lovdahl, 2011; Hülsmann et al., 2005). Ocorre geralmente na face interna das curvaturas radiculares (AAE, 2020). As perfurações estão associadas à destruição do cimento radicular e à infecção do ligamento periodontal e são difíceis de selar (Hülsmann et al., 2005).

#### 6.2.5. Fratura de instrumentos

Outra das complicações mais comuns durante um tratamento endodôntico é a fratura dos instrumentos. As limas de aço inoxidável são normalmente utilizadas manualmente, e durante esta fase do tratamento os instrumentos estão sujeitos a forças. A fratura é muitas vezes o resultado do uso excessivo e associado a uma distorção pré-existente do instrumento. (Cheung, 2009). Os dois mecanismos principais pela qual os instrumentos fraturam são a fratura por torção e a fadiga cíclica, causadas pelas forças de tensão e compressão a que estão sujeitos. Um instrumento fratura quando a sua resistência é ultrapassada ou quando já existe um *crack* que faz com que a restante secção transversal intacta, não seja capaz de suportar as cargas a que está sujeito em circunstâncias normais (Bürklein & Schäfer, 2013; Versluis et al., 2012).

### 7. Instrumentos Endodônticos

Um instrumento endodôntico foi definido pela AAE, em 2019, como um instrumento dentário que tem como objetivo explorar, modelar, limpar e/ou ajudar a preencher um sistema canais radiculares.

#### 7.1. Contextualização histórica dos instrumentos endodônticos

O primeiro instrumento endodôntico surge em 1838 com Edwin Maynard (Cruse & Bellizzi, 1980) e só em 1915 é que aparecem as limas K de aço inoxidável (Hülsmann et al., 2005). No que diz respeito à liga dos instrumentos endodônticos, estes eram constituídos de uma liga de aço e carbono e evoluíram para uma liga de aço inoxidável

constituída por ferro puro, cromo e níquel. Esta evolução contribuiu para uma melhoria na flexibilidade e elasticidade conferidas pelo níquel, numa melhoria à resistência e à corrosão conferida pelo cromo e numa resistência à fratura por torção (Berutti et al., 2013).

Os instrumentos de aço inoxidável têm a vantagem de serem mais resistentes à corrosão do que os instrumentos de aço carbono, por isso, podem ser esterilizados por procedimentos que utilizam autoclavagem a vapor, bem como por métodos de calor seco (Craig & Peyton, 1963). O uso clínico dos instrumentos de aço inoxidável, possui mais vantagens em relação aos primeiros e hoje em dia já existem instrumentos de níquel-titânio (NiTi) que têm ainda uma maior flexibilidade, sendo muito mais resistentes à fratura e com uma melhor capacidade de instrumentar canais curvos (Berutti et al., 2013).

As limas manuais de aço inoxidável fornecem um excelente controlo de manipulação e superfícies de corte afiadas e duradouras. No entanto, devido à flexibilidade limitada inerente ao aço inoxidável, a preparação de canais curvos é muitas vezes um problema para limas manuais, representando uma ameaça provável de fratura da lima ou de transporte do canal (McSpadden, 2007).

As limas são os instrumentos mais utilizados para limpar e modelar o sistema de canais radiculares. As primeiras limas a serem comercializadas foram a *K-Files*, tradicionalmente, são fabricados em aço inoxidável torcendo-se um filamento de aço inox de secção transversal quadrada e conicidade ISO .02 (Berutti et al., 2013). As limas K, são provavelmente os instrumentos endodônticos mais utilizados e são comercializadas, com o mínimo de variações entre fabricantes. O *design* base dos instrumentos para preparação do canal radicular não têm variado muito ao longo do tempo, apenas tem sido alterada a liga metálica que o constitui e tem melhorado o poder de corte e a flexibilidade (Chan & Cheung, 1996). As limas K estão disponíveis em diâmetros ISO de 0,06mm a 0,140 mm e comprimentos de 21mm, 25mm, 28mm, 30mm e 31 mm (McSpadden, 2007).

A aplicação das técnicas de instrumentação tradicionais com a utilização de instrumentos de aço inoxidável, tem recebido muita atenção. Qualquer uma das complicações mencionadas anteriormente acontece principalmente com a utilização de instrumentos manuais de aço inoxidável (Elizabeth, 2005). Mesmo assim e mesmo com a evolução dos instrumentos rotatórios de NiTi nas últimas duas décadas, o uso dos instrumentos de aço inoxidável é ainda indicado durante alguns procedimentos (Gutmann & Lovdahl, 2011). Levanta-se então a questão de saber se o problema se deve a

complicações associadas à anatomia canalar ou a uma falha da padronização dos instrumentos endodônticos.

Um princípio básico aquando da instrumentação do canal radicular e principalmente do terço apical, é a utilização de instrumentos com um aumento sequencial e constante do diâmetro. Acontece que, durante a instrumentação, após a utilização de uma lima de um fabricante ao comprimento de trabalho, a lima seguinte, se for de outro fabricante, por vezes não chega ao mesmo comprimento (Zinelis et al., 2002). Mesmo quando comparadas limas com o mesmo tamanho nominal mas de fabricantes diferentes, podemos encontrar diferenças nos comprimentos e diâmetros das limas (Cormier et al., 1988).

## **7.2. Evolução das Normas ANSI/ADA e ISO**

Antes da padronização proposta por Green e Ingle em 1957 e 1961 respetivamente, e dos acordos estabelecidos entre os diversos fabricantes, cada empresa produzia os seus instrumentos sem aderir a nenhum critério pré-estabelecido, resultando numa não uniformidade dos instrumentos e conseqüentemente os instrumentos de um fabricante raramente combinavam com instrumentos semelhantes de outro fabricante (Berutti et al., 2013).

Em 1961, Ingle estabeleceu uma forma básica padronizada para instrumentos endodônticos e uma técnica endodôntica padronizada usando instrumentos e materiais de obturação recém-projetados (Berutti et al., 2013). Embora a padronização dos instrumentos tenha sido proposta por Trebitsch e Ingle, em 1929 e 1958, respetivamente, as primeiras normas ISO apenas surgem em 1974 (Hülsmann et al., 2005).

As grandes variações nos diâmetros e conicidades de instrumentos endodônticos do mesmo tamanho levaram a AAE (Cormier et al., 1988) e a ISO a considerar a padronização dos instrumentos (Shahravan et al., 2018).

Tem sido comprovado, ao longo do tempo, por vários autores que existe uma falta de padronização dos instrumentos endodônticos (Stenman & Spångberg, 1993) e, por isso, as normas têm sido alvo de revisão constante (Cormier et al., 1988), sendo que as mais recentes e utilizadas ao longo desta investigação foram as especificações ANSI/ADA no. 28 de 2008 e normas ISO 3630-3631 de 2019.

Apesar de haver um desenvolvimento das especificações para as limas endodônticas através de testes e procedimentos de avaliação, ainda parece haver uma

grande variação nas dimensões das limas endodônticas entre os diferentes fabricantes. Contudo, a certificação ANSI/ADA é voluntária e muitos dos produtos que estão disponíveis no mercado não são certificados. Estas normas têm como objetivo garantir a padronização dos instrumentos e permitir que haja troca de instrumentos e dispositivos entre fabricantes, caso seja necessário (Cormier et al., 1988).

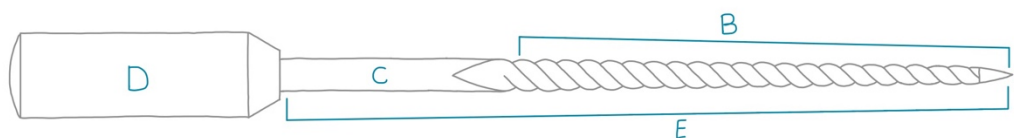
Mesmo que todos os principais fabricantes de instrumentos endodônticos afirmem que os seus instrumentos são produzidos de acordo com as normas ISO e ANSI/ADA, pouco foi feito para rever a qualidade de acordo com os requisitos dimensionais ditos padrão (Stenman & Spångberg, 1993).

### **7.3. Normas ANSI/ADA e ISO para os instrumentos endodônticos**

O tratamento endodôntico pressupõe que todos os instrumentos do mesmo tamanho sejam padronizados em termos de diâmetro e conicidade, criando, assim, preparações de do mesmo tamanho. Além disso, investigações anteriores relatam diferenças em diâmetros específicos e na conicidade dos instrumentos e não no tamanho das preparações que eles criam. As formas das preparações dos canais dependem das dimensões da lima, da sequência em que as limas são usadas e do comprimento a que são introduzidas. Muito frequentemente, a escolhas das limas utilizadas é determinado pelo *marketing*, onde a promoção do produto prevalece sobre a ciência e conseqüentemente, o médico enfrenta complicações enquanto segue conscientemente instruções que desconsideram as complexidades da anatomia. Nas especificações ANSI/ADA e ISO o diâmetro e a conicidade de cada instrumento é descrito cuidadosamente (Serene et al., 1984).

De acordo com as normas ISO 3630-3631, os instrumentos endodônticos podem ser classificados em standardizados ou não standardizados. Dentro dos instrumentos standardizados temos os do tipo 1 e dos não standardizados temos os do tipo 2, 3, 4 e 5. Os instrumentos do tipo 1 são classificados como *Standard Instruments* e apresentam uma conicidade constante ao longo da sua parte ativa de 02. Os do tipo 2 são considerados *Taper Instruments*, com uma conicidade diferente de 02 ao longo da sua parte ativa, os do tipo 3 *Non-Taper Instruments*, sem conicidade, os do tipo 4, *Non-Uniform Taper Instrument*, com conicidade variável ao longo da sua parte ativa e os do tipo 5 como *Shape Instrument*.

As limas endodônticas do tipo *K-File* em aço inoxidável são consideradas limas pertencentes ao tipo 1, ou seja, *Standard Instruments*. No que concerne uma lima endodôntica esta é constituída por várias partes, cuja descrição é importante e se encontram representados na Figura 4 (ISO 3630-1, 2019).



**Figura 4** - Constituintes de um instrumento endodôntico tipo 1; (A) ponta; (B) parte ativa; (C) *Shaft*; (D) cabo; (E) parte operadora.

A ponta é a parte do instrumento endodôntico, que corresponde à extremidade bicuda, cuja forma fica ao critério do fabricante (Figura 4, letra A). A parte ativa de um instrumento é constituída por uma superfície de corte (Figura 4, letra B). Entende-se por *Shaft* a zona de um instrumento endodôntico entre o cabo ou haste e a parte de trabalho (Figura 4, Letra C). O cabo é a parte de um instrumento endodôntico que é segurado pelos dedos do utilizador para manipulação do instrumento no interior do canal radicular (Figura 4, letra D). A parte operadora é a parte do instrumento endodôntico desde a ponta ao cabo ou haste (Figura 4, letra E).

A zona de *pitch*, corresponde à distância entre um ponto da aresta cortante e o ponto correspondente na aresta adjacente, ao longo da superfície de trabalho (Figura 5). A maioria das limas tem uma zona de *pitch* variável, que muda ao longo da superfície de trabalho, porque o diâmetro aumenta da ponta da lima em direção ao cabo (McSpadden, 2007).



**Figura 5** - Figura ilustrativa do que representa a zona de *pitch*.

Relativamente aos instrumentos do tipo 1, passamos então a analisar as especificações estabelecidas pelas normas: ISO e ANSI/ADA.

### 7.3.1. Dimensões dos instrumentos endodônticos

O comprimento da parte ativa ( $L_{16}$ ) e o comprimento da parte operadora ( $L_t$ ) devem ser especificados pelo fabricante, e devem estar dentro de  $\pm 0,5$  mm do comprimento especificado (Figura 6), sendo que o comprimento da parte ativa não deve ser inferior a 16mm.

É importante referir que  $L_n$  se refere ao comprimento do instrumento endodôntico a  $n$  milímetros da ponta (ISO 3630-1, 2019).

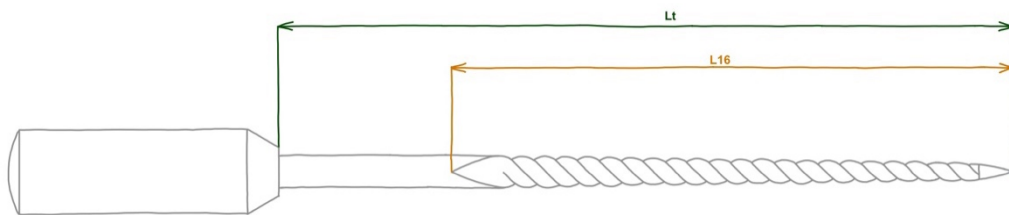


Figura 6 - Figura ilustrativa da determinação da dimensão dos instrumentos endodônticos do tipo 1 em milímetros.

### 7.3.2. Forma e ângulo da ponta

A forma da ponta fica ao critério do fabricante. Segundo a especificação número 28 ANSI/ADA, o ângulo da ponta deve ser de  $75^\circ$  com uma tolerância de  $\pm 15^\circ$ . De acordo com as normas ISO 3630-1 o ângulo da ponta não deve exceder os  $90^\circ$ , conforme mostrado na Figura 7 e o comprimento da ponta deve ser especificado pelo fabricante.



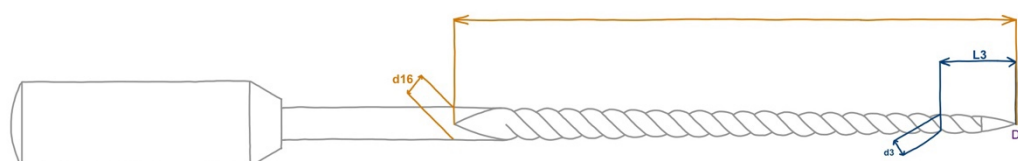
Figura 7 - Figura ilustrativa da forma e do ângulo da ponta dos instrumentos endodônticos do tipo 1.

Foram descritos três tipos de ponta, a cortante, a não cortante e a parcialmente cortante, embora não haja uma distinção clara entre eles. A ponta tem duas funções, a função de alargar o canal e a função de guiar a lima no interior do canal (McSpadden, 2007).

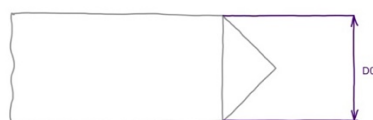
### 7.3.3. Designação de diâmetros

Os diâmetros de uma lima em d3 e d16 podem ser medidos. O diâmetro da ponta em D0 é calculado a partir da extensão da ponta da lima e seguidamente é traçada a uma linha perpendicular ao eixo da lima (ISO 3630-1, 2019).

A Figura 8 mostra a posição dos diâmetros em d3 e d16 para todos os instrumentos endodônticos tipo 1. A Figura 9 mostra a posição do diâmetro em D0 para todos os instrumentos endodônticos.



**Figura 8** - Figura ilustrativa da determinação do diâmetro em d3 e d16 dos instrumentos endodônticos do tipo 1.



**Figura 9** - Figura ilustrativa da determinação do diâmetro em D0 dos instrumentos endodônticos do tipo 1.

A Tabela 1 fornece os diâmetros da parte ativa para os instrumentos tipo 1. Para as dimensões de d3 e d16 existe uma tolerância de +/- 0,02mm. É importante referir que  $d_n$  se refere ao diâmetro do instrumento endodôntico a n milímetros da ponta (ISO 3630-1, 2019).

**Tabela 1** - Designação de diâmetros em D0, d3 e d16 para os instrumentos endodônticos do tipo 1 em milímetros.

Tamanho nominal	D0	d3	d16
15	0,15	0,21	0,47
20	0,20	0,26	0,52
25	0,25	0,31	0,57
30	0,30	0,36	0,62
35	0,35	0,41	0,67
40	0,40	0,46	0,72

#### 7.3.4. Designação da cor

A cor do cabo ou da haste dos instrumentos do tipo 1 deve estar de acordo com os requisitos da Tabela 2. O tipo de material da haste/cabo e o diâmetro do mesmo, fica ao critério do fabricante. Este deve ser autoclavável e esterilizável com calor seco sem perder a sua forma ou cor (ISO 3630-1, 2019).

Tabela 2 – Designação da cor do cabo para os instrumentos do tipo 1.

Tamanho nominal	Designação da cor
15	Branco
20	Amarelo
25	Encarnado
30	Azul
35	Verde
40	Preto

#### 7.3.5. Símbolo de identificação

Os símbolos de identificação, se utilizados no cabo/haste, na embalagem ou na literatura do fabricante, no caso de limas *K-File*, deve ser um quadrado (ISO 3630-1, 2019).

#### 7.3.6. Designação adicional

Os instrumentos podem ser identificados no cabo/haste com o seu tamanho nominal (ISO 3630-1, 2019).

#### 7.3.7. Conicidade

A conicidade é determinada por cálculo, usando medições reais de d16 e d3. É o quociente da diferença de diâmetro entre d16 e d3 com o comprimento entre os diâmetros medidos (ISO 3630-1, 2019). A conicidade da parte ativa da lima deve ser de 0,02 mm por milímetro de comprimento de corte que equivale a 2% de conicidade. Esta conicidade deve ser constante ao longo de toda a lima e pode ser calculada através da seguinte fórmula:

$$\text{Conicidade} = \frac{d16 - d3}{13}$$

### 7.3.8. Ângulo de Hélice



Figura 10 - Figura ilustrativa da determinação do ângulo de hélice.

O ângulo de hélice, representado na Figura 10, é o ângulo que a aresta de corte faz com o longo eixo da lima e pode variar ao longo da parte ativa da lima (McSpadden, 2007).

### 7.3.9. Secção Transversal

O *design* da secção transversal do instrumento tem um papel preponderante na resistência à torção. Por exemplo, um instrumento com um *design* de secção transversal com extremidades angulares pode ser mais suscetível a falha por torção do que instrumentos com um *design* de secção transversal com curvaturas mais graduais. Mudanças abruptas na continuidade das linhas retas do *design*, podem resultar em pontos de concentração de tensão ou áreas de fraqueza quando a tensão é aplicada.

Contudo, *designs* de secção transversal com mais pontos de concentração de tensão e menos massa de secção transversal podem realmente ter mais resistência à tensão por torção (McSpadden, 2007).

## 7.4. Rótulos das embalagens

Os instrumentos endodônticos podem ser embalados em embalagens unitárias de conjuntos de instrumentos ou como um único instrumento que proteja o conteúdo que se encontra no seu interior de possíveis danos. Quando for declarada a esterilidade, esta deve ser mantida durante o período de utilização dos instrumentos (ISO 3630-1, 2019). No rótulo de cada embalagem dos instrumentos endodônticos, devem estar presentes, pelo menos, as seguintes informações (ISO 3630-1, 2019):

- a) Nome do fabricante ou do distribuidor;
- b) Tipo de instrumentos, identificação do produto;
- c) Comprimento da haste metálica e para os instrumentos do tipo 1, o comprimento da parte de ativa se for menor que 16mm;
- e) Para os instrumentos do tipo 2, o diâmetro e a conicidade;
- f) O número do lote

- g) Se os instrumentos não estiverem visíveis, o número de instrumentos no interior de cada embalagem;
- h) O material de que é constituída a haste metálica;
- i) Se os instrumentos são destinados a uso único;
- j) Quando a embalagem é esterilizada, deve estar marcada com o símbolo para "Estéril" de acordo com ISO 15223-1 e deve estar indicado o prazo de validade expresso em ano e mês de acordo com a ISO 8601;
- l) Se a embalagem estiver danificada, não utilizar, deve estar marcada com o símbolo de acordo com ISO 15223-1.

## II. Objetivos do estudo

Apesar de nem todos os instrumentos utilizados nesta investigação estarem classificados como ISO, este trabalho tem como objetivo avaliar o *design* de instrumentos comercializados como limas endodônticas tipo K, verificando se estão de acordo com a especificação no. 28 ANSI/ADA das limas tipo K e com as normas ISO 3630- 3631 para estes instrumentos. Para isso foram analisadas propriedades como o comprimento da haste metálica, o comprimento da parte ativa, o diâmetro da ponta em D0 e o diâmetro em d16, o tipo e o ângulo da ponta e a conicidade das limas. Foram ainda analisadas outras propriedades que não são especificadas nas normas ISO nem nas especificações ANSI/ADA, como o número e simetria das espiras; a identificação de defeitos e impurezas macroscópicos e microscópicos; a distância da ponta até aos anéis de calibração quando presentes, o ângulo de hélice e por fim a secção transversal.

Foi ainda verificado se existiam diferenças significativas entre a marca original *Dentsply Ready Steel* e a marca de contrafação *Dentsply Maillefer*.

Adicionalmente procedeu-se à verificação das embalagens dos instrumentos adquiridos para confirmar o cumprimento dos pré-requisitos da terceira edição das normas ISO 3630-1 de 2019.

## III. Hipóteses de estudo

Foram consideradas três hipóteses de estudo para os objetivos mencionados:

Hipótese H1:

- Hipótese nula ( $H_{10}$ ): Não existem diferenças entre os instrumentos da marca original *Dentsply Ready Steel* e a marca de contrafação *Dentsply Maillefer*.
- Hipótese alternativa ( $H_{11}$ ): Existem diferenças entre os instrumentos da marca original *Dentsply Ready Steel* e a marca de contrafação *Dentsply Maillefer*.

Hipótese H2:

- Hipótese nula (H<sub>20</sub>): Não existem diferenças entre os instrumentos avaliados.
- Hipótese alternativa (H<sub>21</sub>): Existem diferenças entre os instrumentos avaliados.

Hipótese H3:

- Hipótese nula (H<sub>30</sub>): Não existem diferenças entre os instrumentos avaliados e a especificação no. 28 ANSI/ADA e as normas ISO 3630-3631 relativamente ao seu *design* microscópico e macroscópico.
- Hipótese alternativa (H<sub>31</sub>): Existem diferenças entre os instrumentos avaliados e a especificação no. 28 ANSI/ADA e as normas ISO 3630-3631 relativamente ao seu *design* microscópico e macroscópico.

## IV. Materiais e métodos

### 1. Amostra de estudo



Para este estudo experimental foram utilizadas limas do tipo *K-File* de 25mm da 1ª série (#15, #20, #25, #30, #35, #40) de 13 marcas de limas originais (*VDW*, *Dentsply Ready Steel*, *Falcon*, *Torino*, *Henry Schein – Endoflex*, *Mani*, *M-Precise*, *SybronEndo*, *Thomas*, *Komet*, *Smartdent*, *UDG*, *R&S*) e uma marca de limas de contrafação (*Dentsply Maillefer*), perfazendo um total de 84 limas (Figura 11).




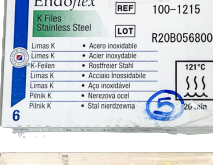


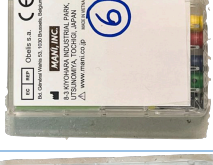











**Figura 11** - Imagem da amostra das diferentes marcas, com as embalagens rotuladas (*K-File*, 25mm, 1ª série)

Os materiais utilizados estão descritos na Tabela 3. A cada marca foi atribuído uma numeração mantendo-se a ordem crescente ao longo de todo o estudo para a análise das limas.

**Tabela 3** - Materiais utilizados - marca comercial e especificações técnicas

Nº da Amostra	Marca Comercial	Sigla	Lote	Fabricante	Data de Validade	Imagem
1	<i>VDW</i>	VDW	331628	<i>VDW GmbH</i>	2025/08	
2	<i>Dentsply Ready Steel</i>	DRS	1659520	<i>Maillefer Instruments Holding Sàrl</i>	2025/10	

3	Falcon	F	190505W02	Falcon Medical Italia srl	n.a.	 
4	Torino	TO	n.a.	n.a.	n.a.	
5	Henry Schein - Endoflex	HS	R20B056800	Henry Schein Services GmbH	n.a.	 
6	Mani	M	R20C316500	Mani Inc.	n.a.	 
7	M-Precise	MP	201012W02	Shenzhen Superline Tech. CO. LTD.	n.a.	 
8	SybronEndo	SE	062055695	SybronEndo	n.a.	 

9	Thomas	TH	795047	FFDM Tivoly ; ANTONIO RIBEIRO - BELODENTE	2022/06	 
10	Dentsply Maillefer	DM	8024110	n.a.	n.a.	
11	Komet	K	316093	Komet Dental	2025/01	
12	Smartdent	SD	272820	Snedoline AB	n.a.	
13	UDG	UDG	20210125	United Dental Changzhou	2026/01	
14	R&S	R&S	96529288	CFPM	n.a.	

### 1.1. Critérios de inclusão e exclusão

Neste estudo, incluíram-se:

- Limas que na descrição especificassem ser do tipo *K-File*;
- Limas que na descrição especificassem ter 25mm;
- Conjunto de 6 limas sortidas de 1ª série;
- Limas comercializadas em Portugal.

Neste estudo, excluíram-se:

- Limas que na descrição não especificassem ser do tipo *K-File*, ou que tivessem outra descrição adicional como *Limas KFlexoFile*, *Limas KFlex*, *Limas K zipperer*, *Limas K colorinox*;
- Limas que na descrição especificassem ter 21mm ou 31mm;
- Conjunto de 6 limas do mesmo calibre.

## 2. Preparação das amostras para análise no Microscópio eletrónico de varrimento (MEV)

Numa primeira fase a amostra não precisou de preparação prévia antes de ser visualizada no MEV por já serem amostras metálicas. As amostras saíram da embalagem de origem para o suporte para ser possível avaliar o nível de impurezas presente. As amostras foram colocadas num suporte metálico, com recurso a luvas e pinças, e fixadas a este com fita cola de dupla face metalizada e organizadas por série da lima #15 à Lima #40 (Figura 12). Em relação à orientação das limas, certificou-se que o número presente na cabeça da haste estaria sempre orientado para o mesmo lado, de modo a padronizar as imagens obtidas (Figura 12). Junto da lima #15 foram feitos arranhões com auxílio de uma pinça na fita cola metalizada para que quando a amostra estivesse no MEV ser possível identificar qual era a lima #15 e, por conseguinte, as restantes.



**Figura 12** - Amostras no suporte metálico (imagem à esquerda) e orientação da mesma (imagem à direita).

As amostras foram observadas no *SEM – JSM – 5400 18* (Figura 13). As amostras foram observadas com uma magnificação de 35x e 200x, com uma distância de trabalho de 30mm e com alta voltagem de 30kV. A cada lima foram tiradas 5 fotografias de forma a conseguir-se apanhar a sua totalidade (ampliação 35x) seguida de uma fotografia a apanhar apenas a ponta (ampliação 200x).

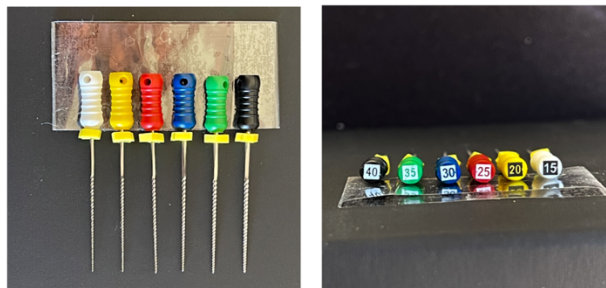


**Figura 13** - SEM - JSM - 5400 18.

As fotografias foram extraídas através do *QUANTAX EDS* do programa *ESPRIT Compact Bruker Microanalysis Software*. Nesta primeira fase do projeto foram adquiridas um total de 504 imagens.

### 3. Preparação da amostra para análise no microscópio cirúrgico

Posteriormente à análise microscópica no MEV, a mesma amostra foi submetida a uma análise macroscópica com auxílio de um microscópio cirúrgico – *Zeiss OPMI Pico* (Figura 15). As amostras foram colocadas sob uma cartolina preta, com auxílio de luvas e pinças, para que houvesse um bom contraste aquando da observação microscópica e foram fixadas a esta com fita cola (Figura 14). Em relação à orientação das limas, foram seguidas as mesmas orientações mencionadas anteriormente (Figura 14).



**Figura 14** - Disposição da amostra sob a cartolina preta (imagem da esquerda) e orientação da mesma (imagem da direita).

As amostras foram observadas com uma magnificação de 5x e 31,25x no microscópio cirúrgico e as fotografias foram obtidas através de uma câmara fotográfica – *Sony  $\alpha$  7s II* (Figura 15).

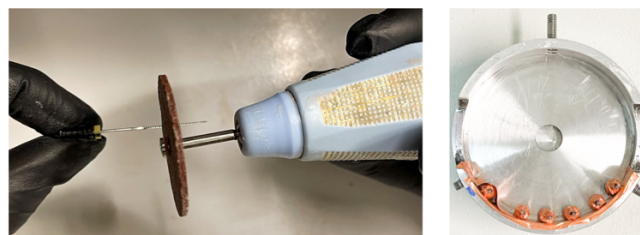
Foi tirada uma fotografia a cada conjunto de 6 limas de forma a conseguir-se apanhar a sua totalidade (ampliação 5x) seguida de uma fotografia a apanhar apenas a ponta (ampliação 31,25x). No final desta segunda fase do projeto foram obtidas 98 imagens.



**Figura 15** - Microscópio cirúrgico Zeiss OPMI Pico acoplado à câmara fotográfica Sony  $\alpha$  7s II.

#### **4. Preparação da amostra para análise no MEV**

Por fim, um sexto da amostra (catorze limas) voltaram a ser avaliadas no MEV, desta vez apenas as limas de calibre 40, para se avaliar a secção transversal e por isso as limas tiveram de ser cortadas. Foi feito um corte a meio da parte ativa da lima, ou seja, aos 8mm, com auxílio de um disco de metal (Figura 16). Posteriormente as limas foram colocadas no suporte metálico e fixadas na vertical a este com fita cola de dupla face metalizada e organizadas seguindo a ordem previamente identificada em grupos de seis. A primeira lima de cada grupo foi identificada através de uma marca feita no suporte metálico com caneta de acetato azul, para que quando a amostra estivesse no MEV fosse possível identificar a primeira lima de cada grupo e por consequência as restantes (Figura 16). Em relação à orientação das limas, o número presente na haste de cada lima ficou voltado para o interior do suporte metálico.

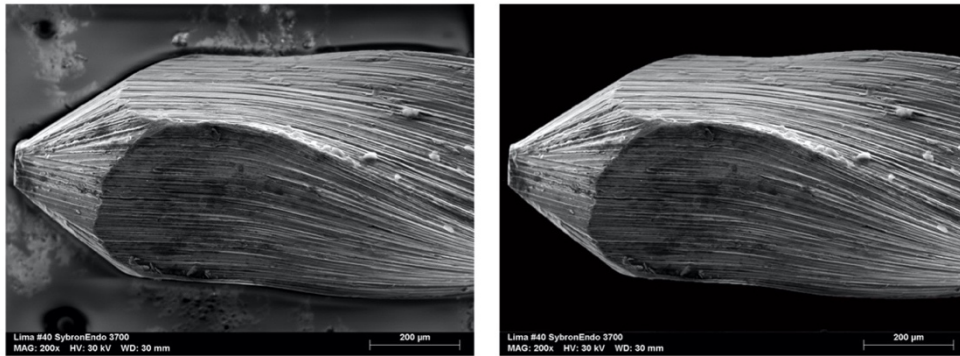


**Figura 16** - Disco de metal para corte das limas (imagem da esquerda) e amostra montada na vertical no suporte metálico (imagem da direita).

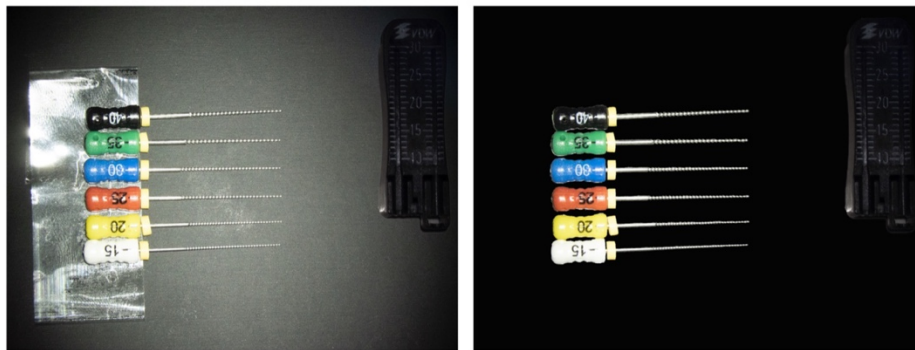
As amostras foram observadas no MEV com uma magnificação de 100x, com uma distância de trabalho de 30mm e com alta voltagem de 30kV. A cada lima de calibre 40 foi tirada uma fotografia de forma a conseguir-se capturar a secção transversal da mesma. Na terceira etapa deste projeto foram obtidas 14 imagens.

## 5. Edição das imagens obtidas

No final, um total de 616 fotografias adquiridas através do MEV e do Microscópio Cirúrgico, foram trabalhadas no *Adobe Photoshop CC 2019*, para se substituir o fundo de cada imagem por um fundo preto de forma a facilitar a visualização das mesmas (Figuras 17 e 18).

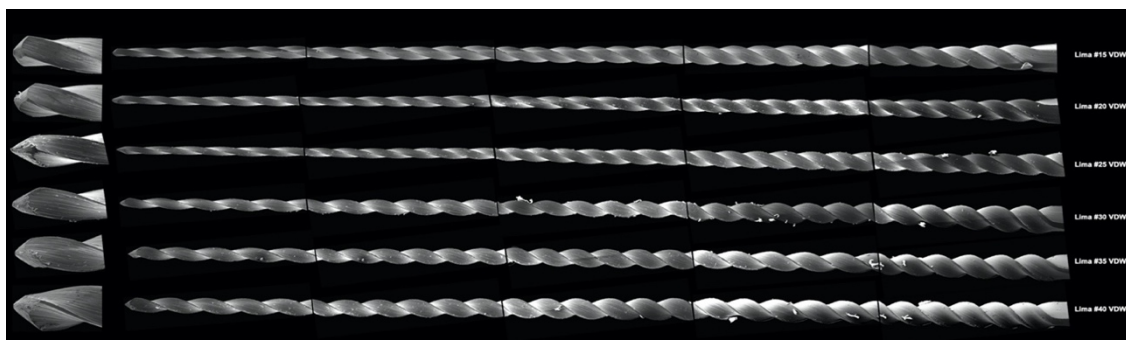


**Figura 17** - Exemplo de imagem obtida através do MEV antes e depois da substituição do fundo.

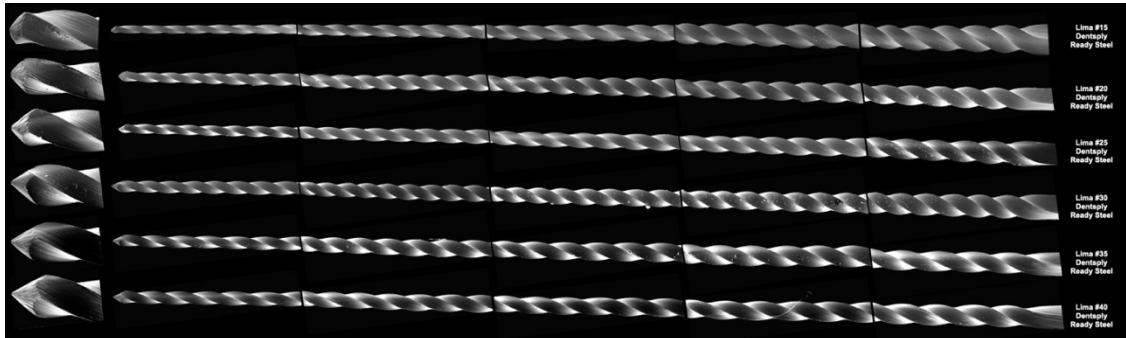


**Figura 18** - Exemplo de imagem obtida através do microscópio cirúrgico antes e depois da substituição do fundo.

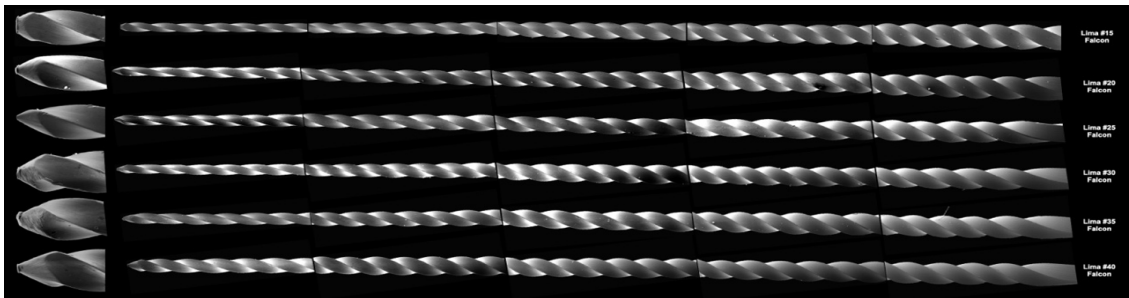
Posteriormente as imagens foram agrupadas de forma a ilustrar uma imagem de uma lima completa no MEV e a respetiva ponta (Figuras 19 a 32).



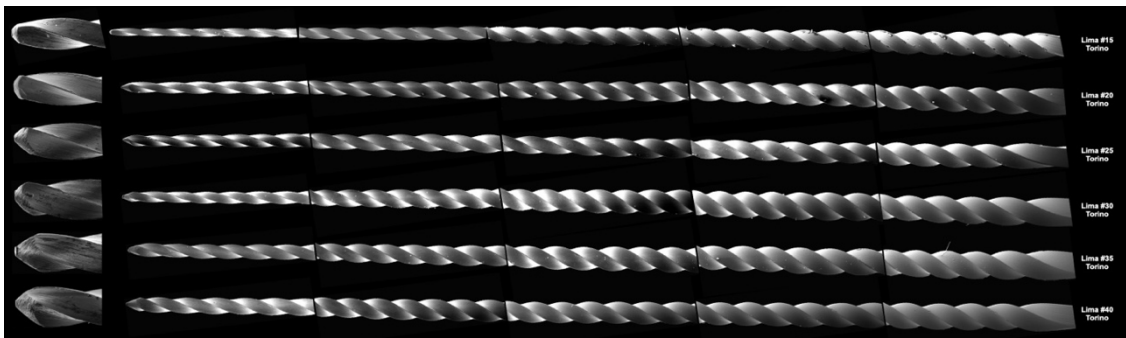
**Figura 19** - Imagem obtida no MEV das limas da marca VDW que mostra (da direita para a esquerda) a parte coronal, média, apical e ponta da lima.



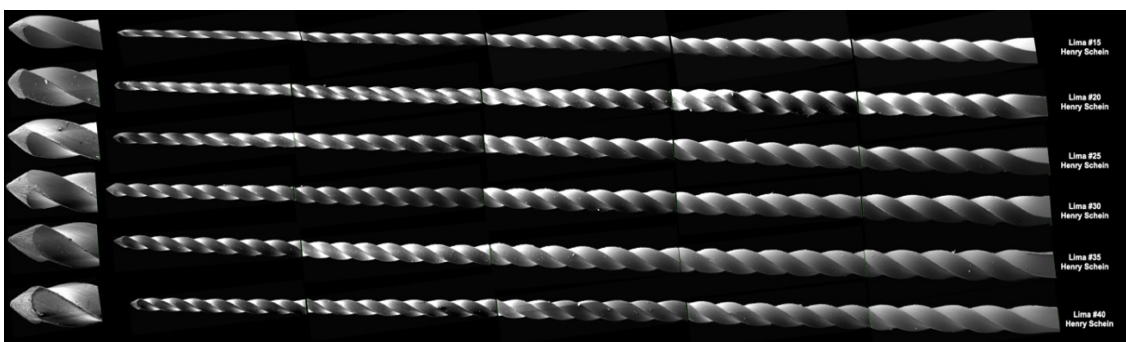
**Figura 20** - Imagem obtida no MEV das limas da marca *Denstply Ready Steel* que mostra (da direita para a esquerda) coronal, média, apical e ponta da lima.



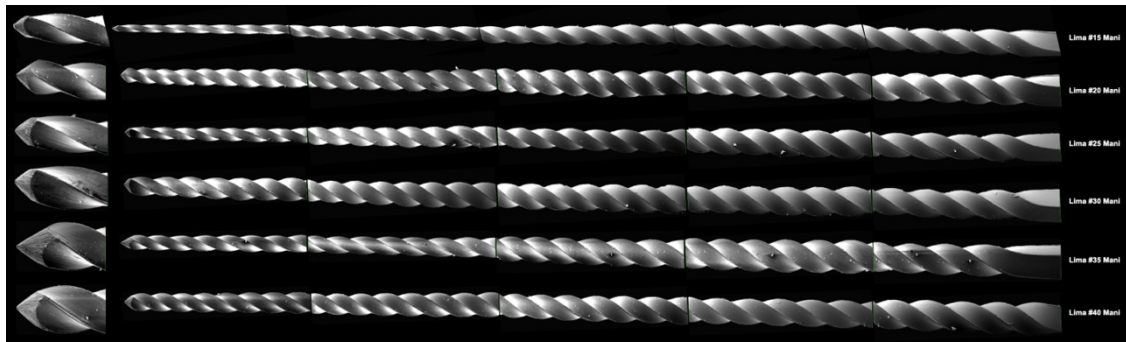
**Figura 21** - Imagem obtida no MEV das limas da marca *Falcon* que mostra (da direita para a esquerda) a parte coronal, média, apical e ponta da lima.



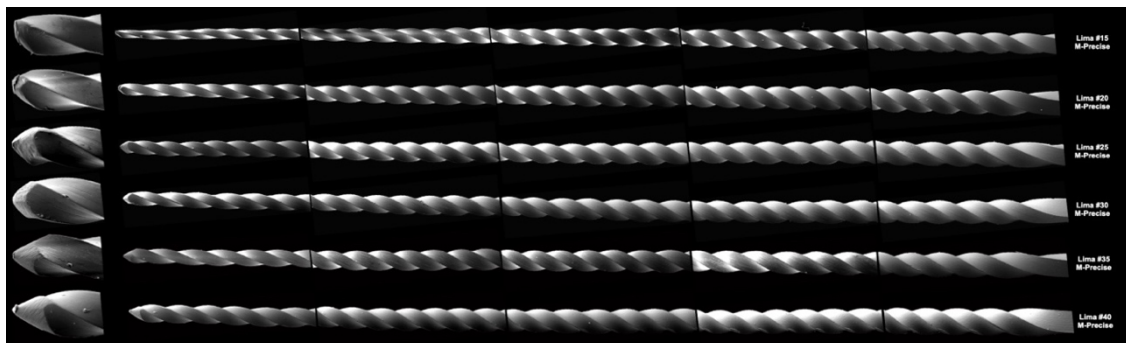
**Figura 22** - Imagem obtida no MEV das limas da marca *Torino* que mostra (da direita para a esquerda) a parte coronal, média, apical e ponta das limas.



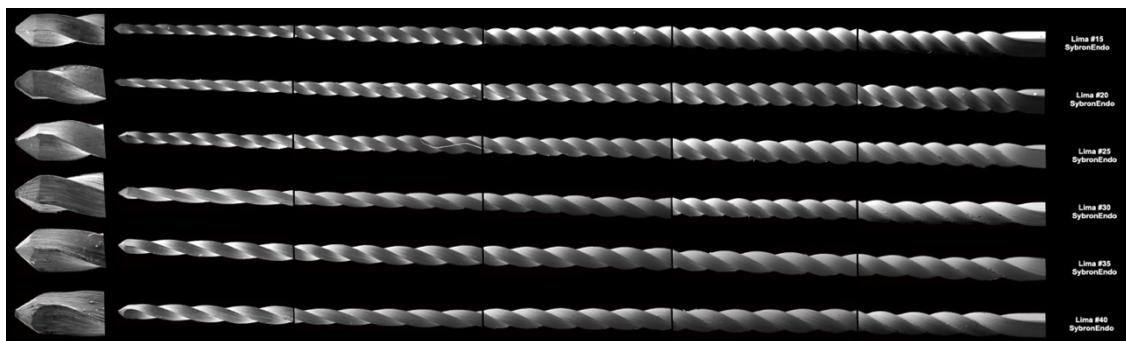
**Figura 23** - Imagem obtida no MEV das limas da marca *Henry Schein - Endoflex* que mostra (da direita para a esquerda) a parte coronal, média e apical e ponta das limas.



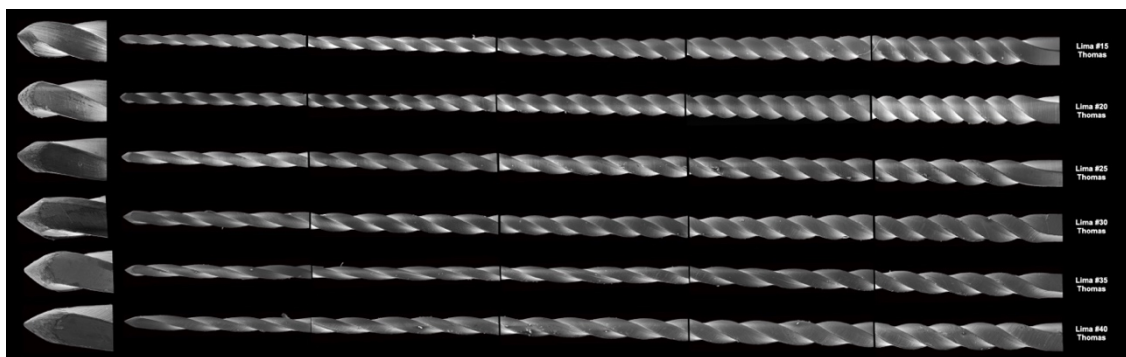
**Figura 24** - Imagem obtida no MEV das limas da marca *Mani* que mostra (da direita para a esquerda) a parte coronal, média, apical e ponta das limas.



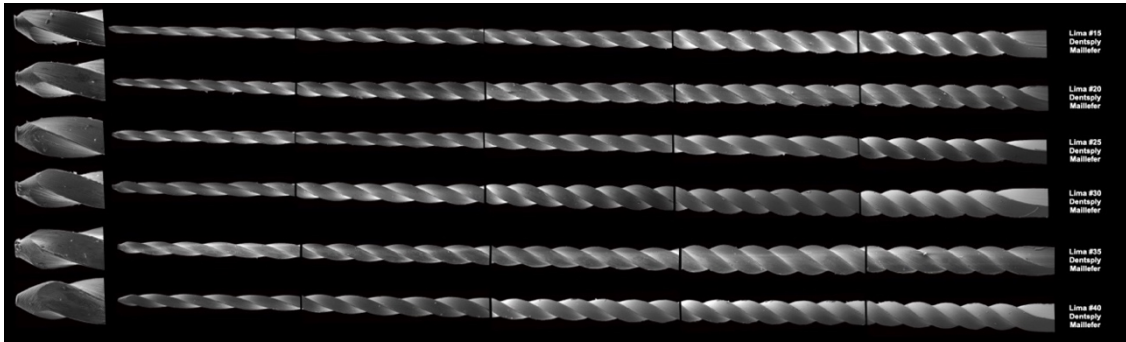
**Figura 25** - Imagem obtida no MEV das limas da marca *M-Precise* que mostra (da direita para a esquerda) a parte coronal, média, apical e ponta das limas.



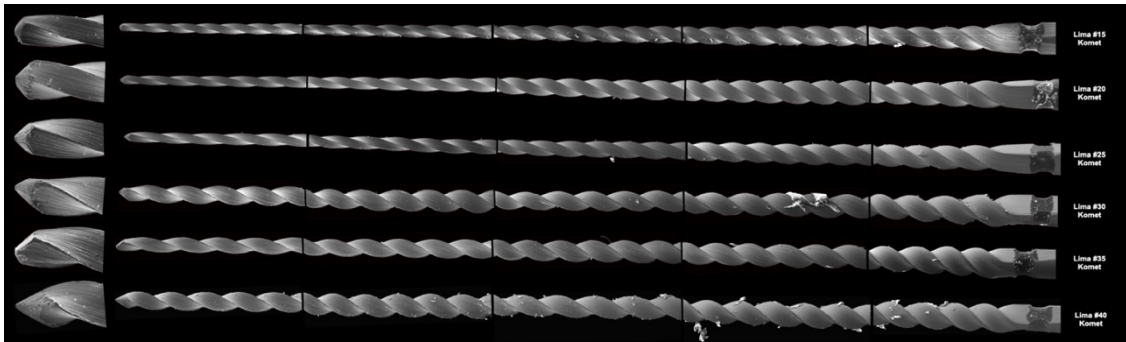
**Figura 26** - Imagem obtida no MEV das limas da marca *SybronEndo* que mostra (da direita para a esquerda) a parte coronal, média, apical e ponta das limas.



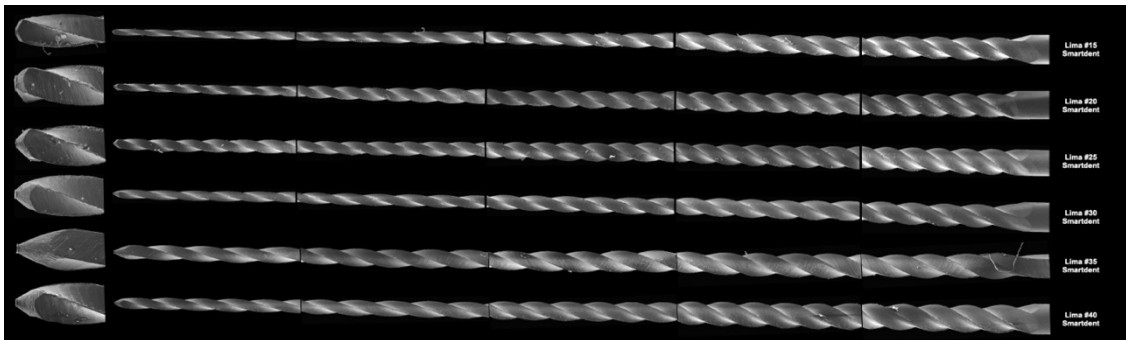
**Figura 27** - Imagem obtida no MEV das limas da marca *Thomas* que mostra (da direita para a esquerda) a parte coronal, média, apical e ponta das limas.



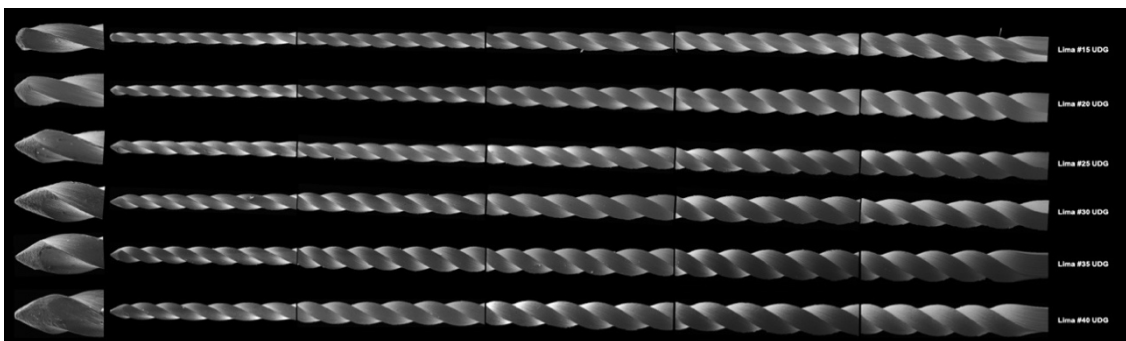
**Figura 28** - Imagem obtida no MEV das limas da marca *Dentsply Maillefer* que mostra (da direita para a esquerda) a parte coronal, média, apical e ponta das limas.



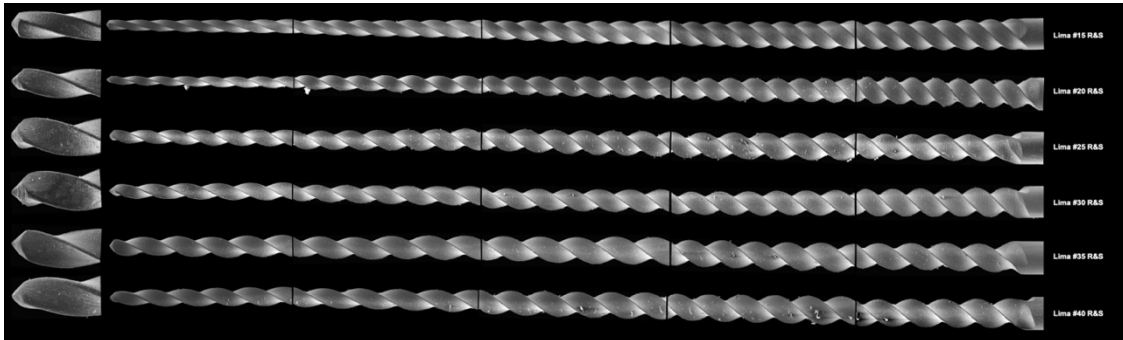
**Figura 29** - Imagem obtida no MEV das limas da marca *Komet* que mostra (da direita para a esquerda) a parte coronal, média, apical e ponta das limas.



**Figura 30** - Imagem obtida no MEV das limas da marca *Smartdent* que mostra (da direita para a esquerda) a parte coronal, média, apical e ponta das limas.

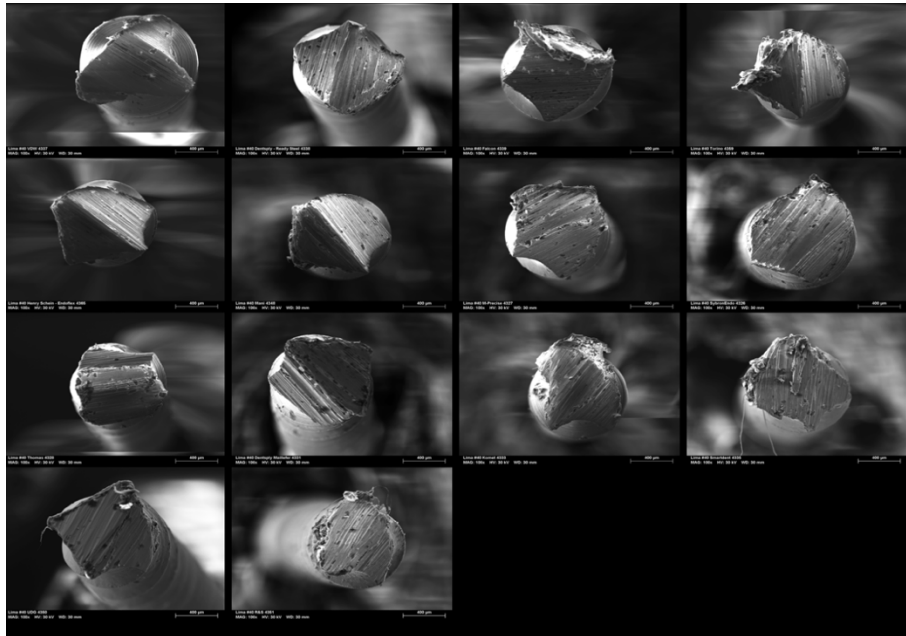


**Figura 31** - Imagem obtida no MEV das limas da marca *UDG* que mostra (da direita para a esquerda) a parte coronal, média, apical e ponta das limas.



**Figura 32** - Imagem obtida no MEV das limas da marca *R&S* que mostra (da direita para a esquerda) a parte coronal, média, apical e ponta das limas.

Ainda foram agrupadas apenas as imagens obtidas no MEV da secção transversal das limas de calibre 40 (Figura 33).



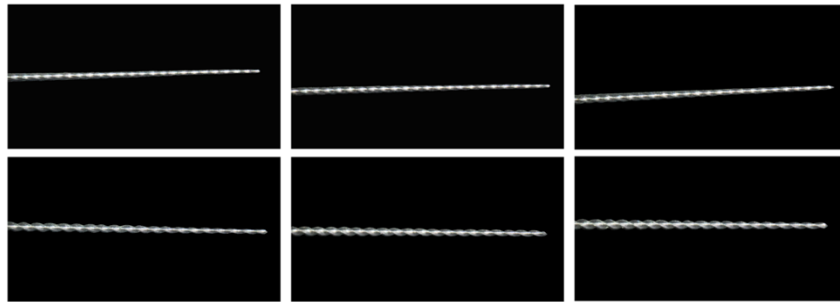
**Figura 33** - Imagem obtida no MEV da secção transversal das limas de calibre 40 das diferentes marcas.

A Figura 34, serve de exemplo de imagem de 2 conjuntos de seis limas, obtidas através do microscópio cirúrgico a uma ampliação de 5x. As restantes encontram-se no Anexo 1.

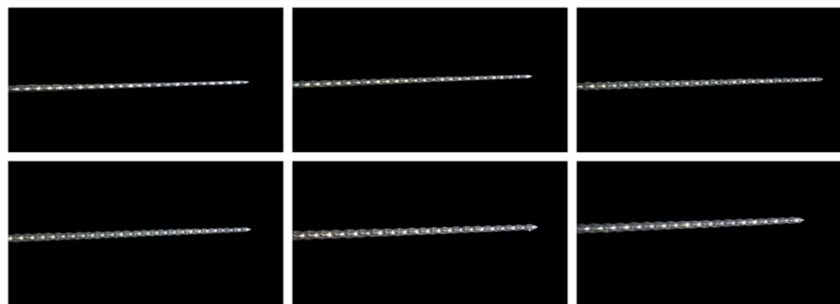


**Figura 34** - Imagem obtida do Microscópio Cirúrgico (ampliação 5x) do conjunto das limas da marca *VDW* (esquerda) e *Dentsply Ready Steel* (direita).

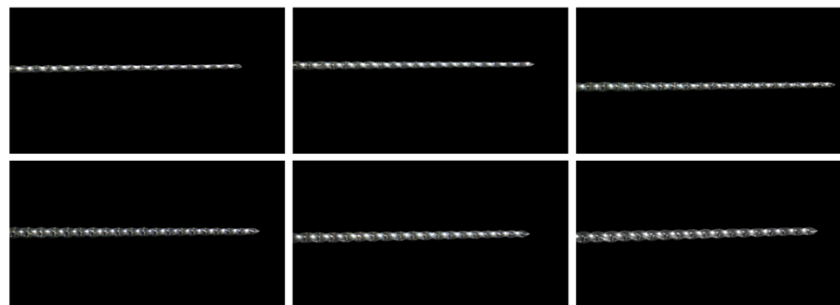
Foram feitas montagens das imagens obtidas através do microscópio cirúrgico a uma ampliação de 31.25x apenas das pontas de cada conjunto de seis limas (Figuras 35 a 48).



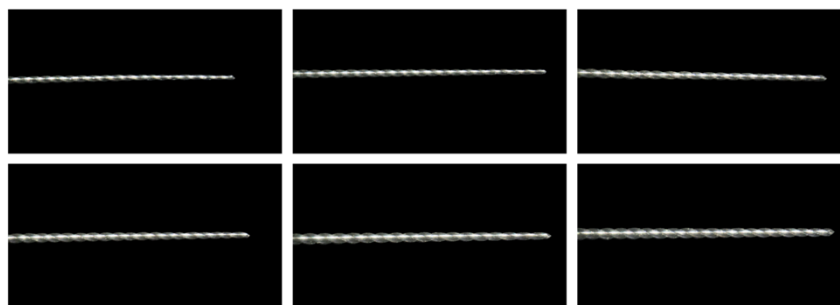
**Figura 35** - Imagem obtida do Microscópio Cirúrgico (ampliação 31.25x) da ponta das seis limas da marca VDW.



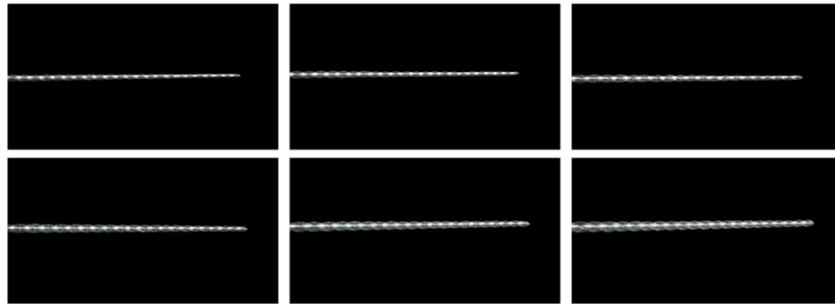
**Figura 36** - Imagem obtida do Microscópio Cirúrgico (ampliação 31.25x) da ponta das seis limas da marca *Dentsply Ready Steel*.



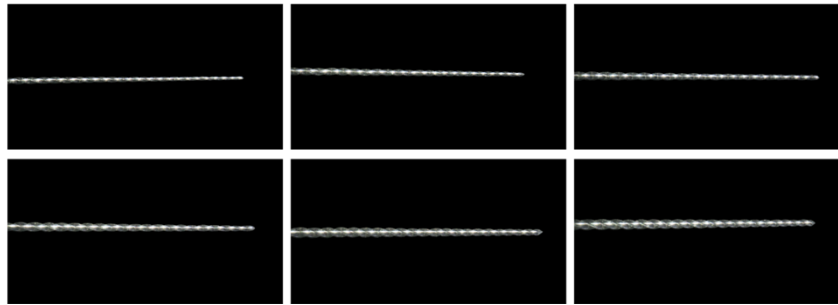
**Figura 37** - Imagem obtida do Microscópio Cirúrgico (ampliação 31.25x) da ponta das seis limas da marca *Falcon*.



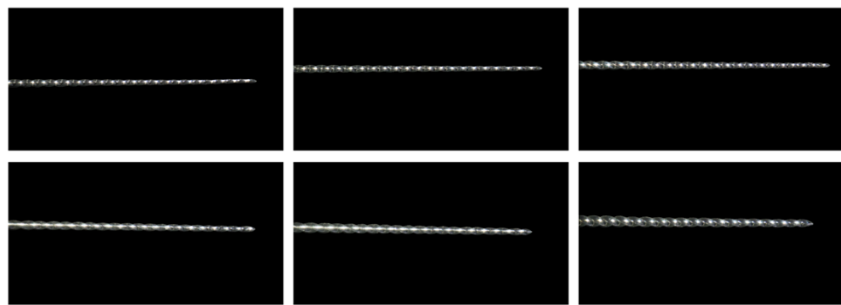
**Figura 38** - Imagem obtida do Microscópio Cirúrgico (ampliação 31.25x) da ponta das seis limas da marca *Torino*.



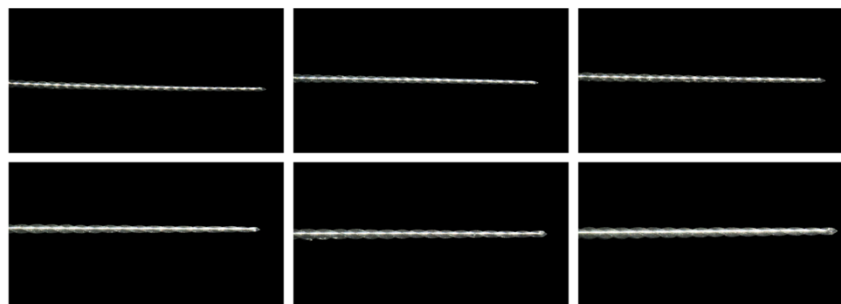
**Figura 39** - Imagem obtida do Microscópio Cirúrgico (ampliação 31.25x) da ponta das seis limas da marca *HenrySchein*.



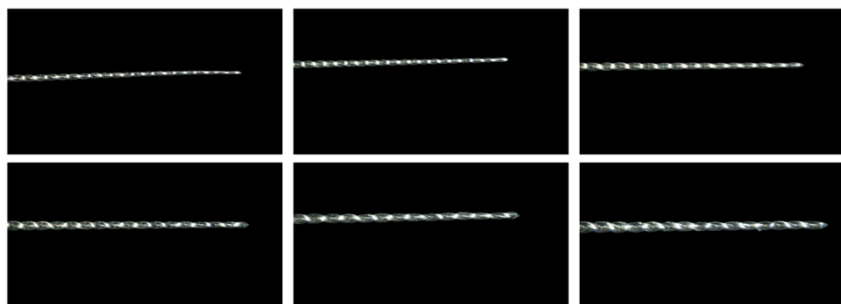
**Figura 40** - Imagem obtida do Microscópio Cirúrgico (ampliação 31.25x) da ponta das seis limas da marca *Mani*.



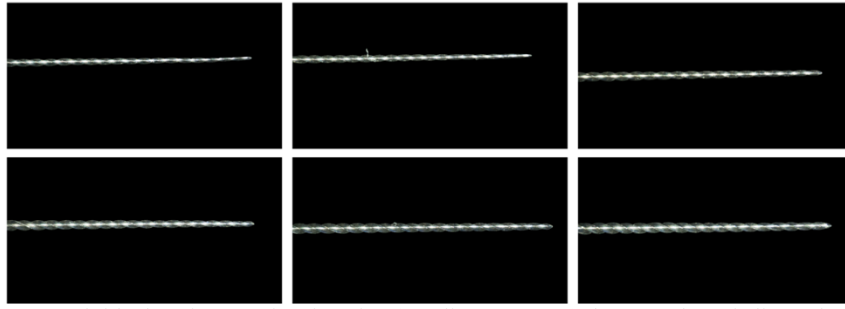
**Figura 41** - Imagem obtida do Microscópio Cirúrgico (ampliação 31.25x) da ponta das seis limas da marca *M-Precise*.



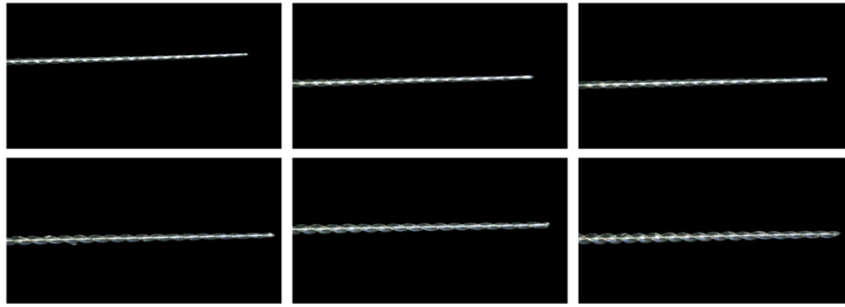
**Figura 42** - Imagem obtida do Microscópio Cirúrgico (ampliação 31.25x) da ponta das seis limas da marca *SybronEndo*.



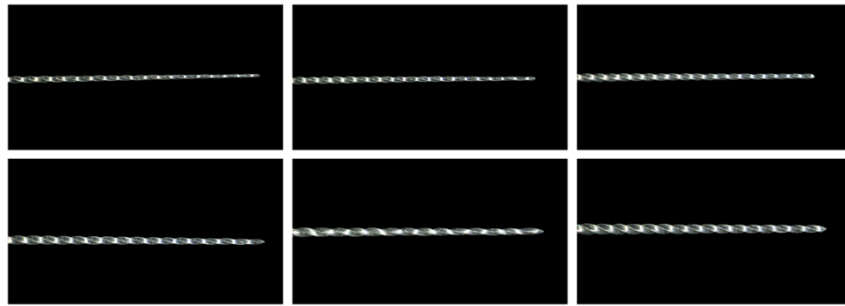
**Figura 43** - Imagem obtida do Microscópio Cirúrgico (ampliação 31.25x) da ponta das seis limas da marca *Thomas*.



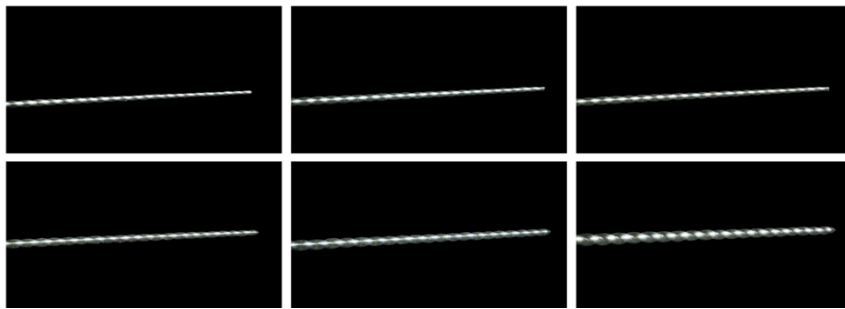
**Figura 44** - Imagem obtida do Microscópio Cirúrgico (ampliação 31.25x) da ponta das seis limas da marca *Dentsply Maillefer*.



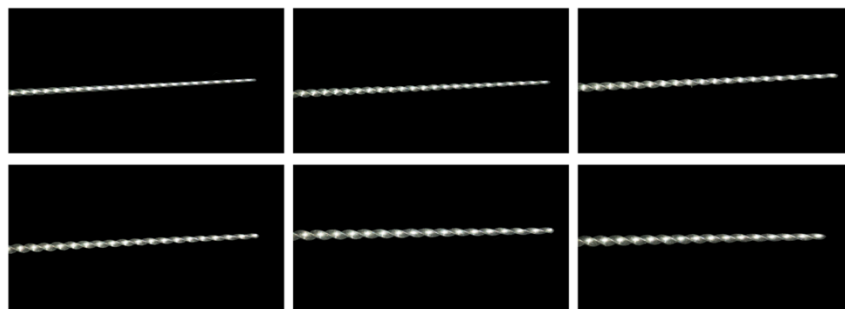
**Figura 45** - Imagem obtida do Microscópio Cirúrgico (ampliação 31.25x) da ponta das seis limas da marca *Komet*.



**Figura 46** - Imagem obtida do Microscópio Cirúrgico (ampliação 31.25x) da ponta das seis limas da marca *Smartdent*.



**Figura 47** - Imagem obtida do Microscópio Cirúrgico (ampliação 31.25x) da ponta das seis limas da marca *UDG*.



**Figura 48** - Imagem obtida do Microscópio Cirúrgico (ampliação 31.25x) da ponta das seis limas da marca *R&S*.

As imagens obtidas através do microscópio cirúrgico foram utilizadas para avaliar o número de espiras ativas; o comprimento da parte ativa da lima; o comprimento da ponta até aos anéis de calibração, quando presentes; o comprimento da haste metálica da lima; a identificação de defeitos macroscópicos e a identificação de impurezas.

As imagens obtidas através do MEV foram utilizadas para avaliar o tipo de ponta (ativa ou não); o *design* das espiras vendo se são simétricas ou não na sua parte ativa; a identificação de defeitos microscópicos; a identificação de impurezas; o *design* da secção transversal; o diâmetro da ponta; o diâmetro em d16; o ângulo da ponta; a conicidade e o ângulo de hélice.

Posteriormente foi utilizado o programa *ImageJ* (*National Institute of Health EUA*) para ser possível quantificar, o comprimento da parte ativa da lima; o comprimento da ponta até aos anéis de calibração, quando presentes; o comprimento da haste metálica da lima; o diâmetro da ponta em D0 e diâmetro em d16; o ângulo da ponta; a conicidade e o ângulo de hélice.

Para se obterem os valores, a escala no *ImageJ* foi sempre calibrada tendo por base a escala presente em cada uma das imagens. Para cada parâmetro analisado foram efetuadas 3 medições diferentes sendo que o valor indicado em todas as tabelas o resultado da média aritmética dos valores medidos.



## V. Resultados

É importante reforçar que nem todas as limas analisadas dizem cumprir as normas ISO e as especificações ANSI/ADA, e, portanto, as comparações entre instrumentos de diferentes fabricantes que não seguem as normas não são estritamente válidas, embora tal comparação tenha sido feita para o propósito deste estudo.

### 1. Análise do rótulo dos instrumentos endodônticos

Neste projeto foram apenas utilizados instrumentos do tipo 1, por isso na avaliação do rótulo de cada embalagem devem estar presentes todas as informações supramencionadas à exceção da indicada pela letra e) na página 37. As tabelas 4 a 17 resumem a informação recolhida de cada embalagem de limas adquiridas.

**Tabela 4** - Identificação do rótulo das limas da marca comercial VDW.

	Presente	Ausente	Informação
Nome do fabricante ou do distribuidor	X		<i>VDW GmbH</i>
Tipo de instrumento / símbolo de identificação	X		<i>K-File</i> ; ■
Comprimento da haste metálica	X		25mm
Comprimento da parte ativa se < 16mm		X	
Número do lote	X		331628
Número de instrumentos no interior da embalagem quando não visíveis	n.a.	n.a.	Instrumentos visíveis
Material de que é constituído		X	
Se são materiais destinados a uso único	X		Autoclavável
Embalagem esterilizada ou não	X		Esterilizada
Se a embalagem for esterilizada, deve estar indicado o prazo de validade (ano/mês)	X		2025/08
Se a embalagem estiver danificada, não utilizar (símbolo)	X		

**Tabela 5** - Identificação do rótulo das limas da marca comercial *Dentsply Ready Steel*.

	Presente	Ausente	Informação
Nome do fabricante ou do distribuidor	X		<i>Mallefer Instruments Holding Sàrl</i>
Tipo de instrumento / símbolo de identificação	X		<i>K-File</i> ; ■
Comprimento da haste metálica	X		25mm
Comprimento da parte ativa se < 16mm		X	
Número do lote	X		1659520
Número de instrumentos no interior da embalagem quando não visíveis	n.a.	n.a.	Instrumentos visíveis
Material de que é constituído	X		SSt
Se são materiais destinados a uso único	X		Autoclavável
Embalagem esterilizada ou não	X		Esterilizada
Se a embalagem for esterilizada, deve estar indicado o prazo de validade (ano/mês)	X		2025/10
Se a embalagem estiver danificada, não utilizar (símbolo)	X		

**Tabela 6** - Identificação do rótulo das limas da marca comercial *Falcon*.

	Presente	Ausente	Informação
Nome do fabricante ou do distribuidor	X		<i>Falcon Medical Italia srl</i>
Tipo de instrumento / símbolo de identificação	X		<i>K-File</i> ;
Comprimento da haste metálica	X		25mm
Comprimento da parte ativa se < 16mm		X	
Número do lote	X		190505W02
Número de instrumentos no interior da embalagem quando não visíveis	n.a.	n.a.	Instrumentos visíveis
Material de que é constituído	X		SSt
Se são materiais destinados a uso único	X		Autoclavável
Embalagem esterilizada ou não	X		Não esterilizada
Se a embalagem for esterilizada, deve estar indicado o prazo de validade (ano/mês)	n.a.	n.a.	
Se a embalagem estiver danificada, não utilizar (símbolo)	X	X	

**Tabela 7** - Identificação do rótulo das limas da marca comercial *Torino*.

	Presente	Ausente	Informação
Nome do fabricante ou do distribuidor		X	
Tipo de instrumento / símbolo de identificação	X		<i>K-File</i> ;
Comprimento da haste metálica	X		25mm
Comprimento da parte ativa se < 16mm		X	
Número do lote		X	
Número de instrumentos no interior da embalagem quando não visíveis	n.a.	n.a.	Instrumentos visíveis
Material de que é constituído	X		SSt
Se são materiais destinados a uso único		X	
Embalagem esterilizada ou não		X	
Se a embalagem for esterilizada, deve estar indicado o prazo de validade (ano/mês)		X	
Se a embalagem estiver danificada, não utilizar (símbolo)		X	

**Tabela 8** - Identificação do rótulo das limas da marca comercial *Henry Schein – Endoflex*.

	Presente	Ausente	Informação
Nome do fabricante ou do distribuidor	X		<i>Henry Schein Services GmbH ; Henry Schein Inc</i>
Tipo de instrumento / símbolo de identificação	X		<i>K-File ; ■</i>
Comprimento da haste metálica	X		25mm
Comprimento da parte ativa se < 16mm		X	
Número do lote	X		R20B056800
Número de instrumentos no interior da embalagem quando não visíveis	n.a.	n.a.	Instrumentos visíveis
Material de que é constituído	X		SSt
Se são materiais destinados a uso único	X		Autoclavável
Embalagem esterilizada ou não		X	
Se a embalagem for esterilizada, deve estar indicado o prazo de validade (ano/mês)		X	
Se a embalagem estiver danificada, não utilizar (símbolo)		X	

**Tabela 9** - Identificação do rótulo das limas da marca comercial *Mani*.

	Presente	Ausente	Informação
Nome do fabricante ou do distribuidor	X		<i>Mani, Inc</i>
Tipo de instrumento / símbolo de identificação	X		<i>K-File ; ■</i>
Comprimento da haste metálica	X		25mm
Comprimento da parte ativa se < 16mm		X	
Número do lote	X		R20C316500
Número de instrumentos no interior da embalagem quando não visíveis	n.a.	n.a.	Instrumentos visíveis
Material de que é constituído	X		SSt
Se são materiais destinados a uso único		X	
Embalagem esterilizada ou não		X	
Se a embalagem for esterilizada, deve estar indicado o prazo de validade (ano/mês)		X	
Se a embalagem estiver danificada, não utilizar (símbolo)		X	

**Tabela 10** - Identificação do rótulo das limas da marca comercial *M-Precise*.

	Presente	Ausente	Informação
Nome do fabricante ou do distribuidor	X		<i>Shenzhen Superline Tech. CO. LTD. ; International Ventur S.A.</i>
Tipo de instrumento / símbolo de identificação	X		<i>K-File ;</i>
Comprimento da haste metálica	X		25mm
Comprimento da parte ativa se < 16mm		X	
Número do lote	X		201012W02
Número de instrumentos no interior da embalagem quando não visíveis	n.a.	n.a.	Instrumentos visíveis
Material de que é constituído	X		SSt
Se são materiais destinados a uso único		X	
Embalagem esterilizada ou não		X	
Se a embalagem for esterilizada, deve estar indicado o prazo de validade (ano/mês)		X	
Se a embalagem estiver danificada, não utilizar (símbolo)		X	

**Tabela 11** - Identificação do rótulo das limas da marca comercial *SybronEndo*.

	Presente	Ausente	Informação
Nome do fabricante ou do distribuidor	X		<i>SybronEndo</i>
Tipo de instrumento / símbolo de identificação	X		<i>K-File</i> ; ■
Comprimento da haste metálica	X		25mm
Comprimento da parte ativa se < 16mm		X	
Número do lote	X		062055695
Número de instrumentos no interior da embalagem quando não visíveis	n.a.	n.a.	Instrumentos visíveis
Material de que é constituído	X		SSt
Se são materiais destinados a uso único	X		Autoclavável
Embalagem esterilizada ou não		X	
Se a embalagem for esterilizada, deve estar indicado o prazo de validade (ano/mês)		X	
Se a embalagem estiver danificada, não utilizar (símbolo)		X	

**Tabela 12** - Identificação do rótulo das limas da marca comercial *Thomas*.

	Presente	Ausente	Informação
Nome do fabricante ou do distribuidor	X		<i>FFDM Tivoly ; António Ribeiro - Belodent</i>
Tipo de instrumento / símbolo de identificação	X		<i>K-File</i> ;
Comprimento da haste metálica	X		25mm
Comprimento da parte ativa se < 16mm		X	
Número do lote	X		795047
Número de instrumentos no interior da embalagem quando não visíveis	n.a.	n.a.	Instrumentos visíveis
Material de que é constituído	X		SSt
Se são materiais destinados a uso único	X		Autoclavável
Embalagem esterilizada ou não	X		Não esterilizada
Se a embalagem for esterilizada, deve estar indicado o prazo de validade (ano/mês)	X		2022/06
Se a embalagem estiver danificada, não utilizar (símbolo)		X	

**Tabela 13** - Identificação do rótulo das limas da marca comercial *Dentsply Maillefer*.

	Presente	Ausente	Informação
Nome do fabricante ou do distribuidor		X	
Tipo de instrumento / símbolo de identificação	X		<i>K-File Colorinox</i> ; ■
Comprimento da haste metálica	X		25mm
Comprimento da parte ativa se < 16mm		X	
Número do lote	X		8024110
Número de instrumentos no interior da embalagem quando não visíveis	n.a.	n.a.	Instrumentos visíveis
Material de que é constituído	X		SSt
Se são materiais destinados a uso único		X	
Embalagem esterilizada ou não		X	
Se a embalagem for esterilizada, deve estar indicado o prazo de validade (ano/mês)		X	
Se a embalagem estiver danificada, não utilizar (símbolo)		X	

**Tabela 14** - Identificação do rótulo das limas da marca comercial *Komet*.

	Presente	Ausente	Informação
Nome do fabricante ou do distribuidor	X		<i>Komet Dental</i>
Tipo de instrumento / símbolo de identificação	X		<i>K-File</i> ; ■
Comprimento da haste metálica	X		25mm
Comprimento da parte ativa se < 16mm		X	
Número do lote	X		316093
Número de instrumentos no interior da embalagem quando não visíveis	n.a.	n.a.	Instrumentos visíveis
Material de que é constituído		X	
Se são materiais destinados a uso único	X		Autoclavável
Embalagem esterilizada ou não	X		Esterilizada
Se a embalagem for esterilizada, deve estar indicado o prazo de validade (ano/mês)	X		2025/01
Se a embalagem estiver danificada, não utilizar (símbolo)		X	

**Tabela 15** - Identificação do rótulo das limas da marca *Smartdent*.

	Presente	Ausente	Informação
Nome do fabricante ou do distribuidor	X		<i>Snedoline AB ; Omnident Dental – Handelsgesellschaft mbH</i>
Tipo de instrumento / símbolo de identificação	X		<i>Smart K-Feile</i> ; ■
Comprimento da haste metálica	X		25mm
Comprimento da parte ativa se < 16mm		X	
Número do lote	X		272820
Número de instrumentos no interior da embalagem quando não visíveis	n.a.	n.a.	Instrumentos visíveis
Material de que é constituído	X		SSt
Se são materiais destinados a uso único	X		Autoclavável
Embalagem esterilizada ou não	X		Não esterilizada
Se a embalagem for esterilizada, deve estar indicado o prazo de validade (ano/mês)	n.a.	n.a.	
Se a embalagem estiver danificada, não utilizar (símbolo)		X	

**Tabela 16** - Identificação do rótulo das limas da marca comercial *UDG*.

	Presente	Ausente	Informação
Nome do fabricante ou do distribuidor	X		<i>United Dentl Changzhou ; Saturnabls, lda</i>
Tipo de instrumento / símbolo de identificação	X		<i>K-File</i> ;
Comprimento da haste metálica	X		25mm
Comprimento da parte ativa se < 16mm		X	
Número do lote	X		20210125
Número de instrumentos no interior da embalagem quando não visíveis	n.a.	n.a.	Instrumentos visíveis
Material de que é constituído	X		SSt
Se são materiais destinados a uso único	X		Autoclavável
Embalagem esterilizada ou não	X		Não esterilizada
Se a embalagem for esterilizada, deve estar indicado o prazo de validade (ano/mês)	n.a.	n.a.	2026/01
Se a embalagem estiver danificada, não utilizar (símbolo)		X	

**Tabela 17** - Identificação do rótulo das limas da marca comercial R&S.

	Presente	Ausente	Informação
Nome do fabricante ou do distribuidor	X		CFPM
Tipo de instrumento / símbolo de identificação	X		<i>K-File</i> ; ■
Comprimento da haste metálica	X		25mm
Comprimento da parte ativa se < 16mm		X	
Número do lote	X		96529288
Número de instrumentos no interior da embalagem quando não visíveis	n.a.	n.a.	Instrumentos visíveis
Material de que é constituído	X		SSt
Se são materiais destinados a uso único	X		Autoclavável
Embalagem esterilizada ou não	X		Não esterilizada
Se a embalagem for esterilizada, deve estar indicado o prazo de validade (ano/mês)	n.a.	n.a.	
Se a embalagem estiver danificada, não utilizar (símbolo)		X	

## 2. Análise das propriedades macroscópicas

Para a análise das propriedades macroscópicas as fotografias utilizadas foram as obtidas através do microscópio cirúrgico e foram posteriormente analisadas com o programa *ImageJ* e com uma escala adequada.

### 2.1. Número de espiras ativas

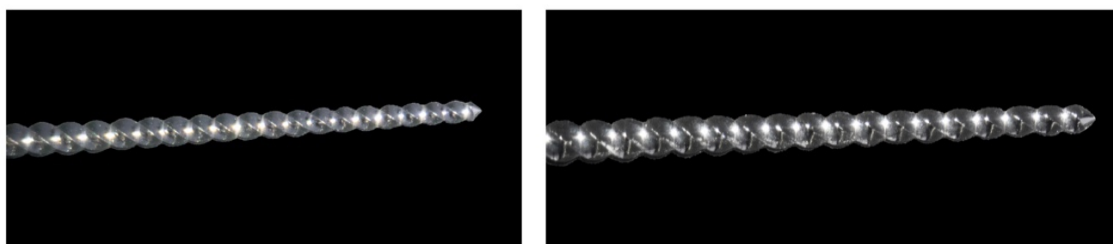
Relativamente ao número de espiras ativas, estas foram contadas aquando a inspeção das limas no microscópio cirúrgico *Zeiss OPMI Pico*. Foi elaborada uma tabela onde estão expressos os números de espiras ativas identificados em cada lima (Tabela 18).

**Tabela 18** - Número de espiras ativas encontradas em cada lima analisada

	VDW	DRS	F	TO	HS	M	MP	SE	TH	DM	K	SD	UDG	R&S
<b>Lima #15</b>	31	31	32	33	33	33	31	41	34	30	33	28	33	35
<b>Lima #20</b>	30	33	31	32	32	32	32	40	35	31	29	30	31	34
<b>Lima #25</b>	29	32	30	28	29	30	33	37	27	25	30	31	31	30
<b>Lima #30</b>	26	33	28	31	28	29	29	30	26	28	26	25	27	30
<b>Lima #35</b>	26	26	28	28	28	30	28	28	22	26	26	22	27	25
<b>Lima #40</b>	26	25	27	28	28	30	29	27	23	29	27	25	26	24

## 2.2. Defeitos Macroscópicos e Impurezas

Em relação aos defeitos macroscópicos e impurezas encontradas nas limas, foram analisadas as imagens obtidas através do microscópio cirúrgico a uma ampliação 5x e de 31.25x de cada conjunto de 6 limas (Anexo 1) e das imagens do terço apical de cada lima (Figuras 35-48), respetivamente, e foi atribuída uma pontuação de 0 e 1 em que a cotação 0 corresponde há ausência de defeitos ou impurezas (Figura 49, esquerda) e 1 há presença de defeitos ou impurezas ou defeitos (Figura 49, direita).



**Figura 49** - Figuras ilustrativas dos defeitos e impurezas. Do lado esquerdo, um exemplo do que foi considerada uma lima sem defeitos e impurezas e do lado direito, um exemplo do que foi considerada uma lima com defeitos e impurezas.

Posteriormente foi elaborada uma tabela onde está expressa a numeração correspondente à quantidade de defeitos macroscópicos e impurezas encontradas em todas as limas analisadas (Tabela 19).

**Tabela 19** - Quantificação dos defeitos macroscópicos e impurezas encontrados em cada lima analisada

	VDW	DRS	F	TO	HS	M	MP	SE	TH	DM	K	SD	UDG	R&S
<b>Lima #15</b>	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1
<b>Lima #20</b>	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0
<b>Lima #25</b>	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
<b>Lima #30</b>	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
<b>Lima #35</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Lima #40</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

### 2.3. Dimensões dos instrumentos endodônticos

Foram realizadas 3 dimensões diferentes. O comprimento da parte ativa de cada lima, o comprimento da haste metálica e a distância entre a ponta de cada lima e os anéis de calibração quando presentes.

Neste caso, a escala utilizada foi uma escala comparativa com uma régua endodôntica.

#### 2.3.1. Comprimento da parte ativa

As medições foram obtidas como é possível verificar na Figura 50, sendo que serve de exemplo e as restantes se encontram no Anexo 2.

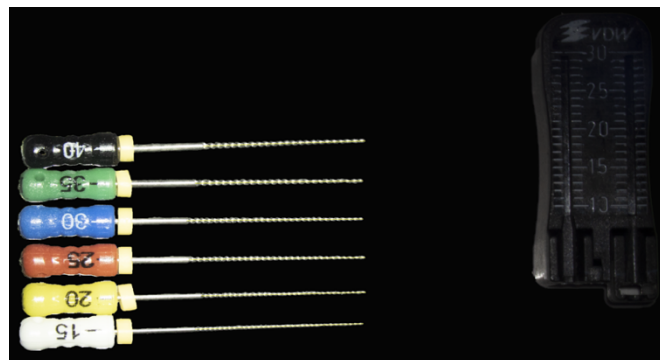


Figura 50 - Imagem ilustrativa de como foi medido o comprimento da parte ativa de cada lima analisada.

No final, foi elaborada uma tabela onde está expresso o comprimento da parte ativa das limas analisadas (Tabela 20).

Tabela 20 - Comprimento da parte ativa de cada lima analisada em milímetros.

	VDW	DRS	F	TO	HS	M	MP	SE	TH	DM	K	SD	UDG	R&S
Lima #15	16,6	15,6	19,4	20,0	18,0	18,0	17,6	20,7	18,0	19,4	19,5	18,9	18,8	18,1
Lima #20	16,3	15,5	18,9	18,9	17,7	18,0	18,2	20,6	18,4	19,4	19,2	18,6	18,9	18,8
Lima #25	16,4	15,8	18,5	19,1	18,0	18,0	17,9	20,5	18,7	17,2	19,0	18,6	19,2	19,7
Lima #30	16,5	15,6	18,1	20,1	17,8	17,9	17,5	21,2	18,8	19,0	19,3	18,8	18,8	19,7
Lima #35	16,5	15,7	19,0	19,8	17,9	18,0	17,4	20,7	18,3	17,7	19,4	18,7	18,1	18,4
Lima #40	16,9	15,3	19,1	18,5	18,2	18,1	18,8	21,2	18,5	19,1	19,3	18,6	17,9	18,8

### 2.3.2. Comprimento da haste metálica

As medições foram obtidas como é possível verificar na Figura 51, sendo que serve de exemplo e as restantes se encontram no Anexo 3.



**Figura 51** - Imagem ilustrativa de como foi medido o comprimento da haste metálica de cada lima analisada.

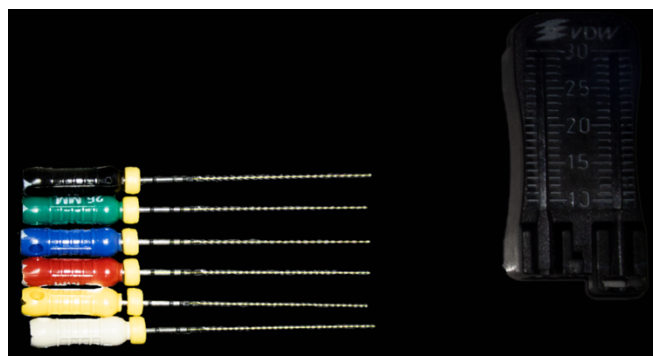
Foi elaborada uma tabela onde está expresso o comprimento da haste metálica das limas analisadas (Tabela 21).

**Tabela 21** - Comprimento da haste metálica de cada lima analisada em milímetros.

	VDW	DRS	F	TO	HS	M	MP	SE	TH	DM	K	SD	UDG	R&S
<b>Lima #15</b>	23,8	24,3	28,8	28,5	26,9	27,0	27,1	28,8	28,0	28,3	28,3	27,9	28,0	27,9
<b>Lima #20</b>	23,8	24,3	28,7	28,3	26,9	26,9	27,0	28,5	28,1	28,5	28,3	27,8	27,7	27,8
<b>Lima #25</b>	24,1	24,0	28,7	28,6	27,1	27,1	27,1	28,4	27,8	28,2	28,1	27,9	27,7	27,7
<b>Lima #30</b>	24,1	23,8	28,9	28,2	27,1	27,3	27,0	28,3	27,8	28,2	28,2	28,4	27,7	27,8
<b>Lima #35</b>	23,8	23,8	28,7	28,1	27,1	27,0	27,1	28,6	28,1	28,1	27,7	27,7	27,6	27,7
<b>Lima #40</b>	24,2	23,9	28,8	28,6	27,3	27,0	27,3	28,0	27,6	28,1	28,1	27,9	27,4	27,7

### 2.3.3. Distância entre a ponta e aos anéis de calibração

A Figura 52 é uma imagem ilustrativa de como foram obtidos os valores. As restantes encontram se no Anexo 4.



**Figura 52** - Imagem ilustrativa de como foi medida a distância até aos anéis de calibração de cada lima analisada.

Foi elaborada uma tabela síntese com os valores das distâncias entre a ponta e os anéis de calibração nas limas em que estes estão presentes (Tabela 22).

**Tabela 22** – Valor da distância entre a ponta e os anéis de calibração nas limas em que estes estão presentes em milímetros.

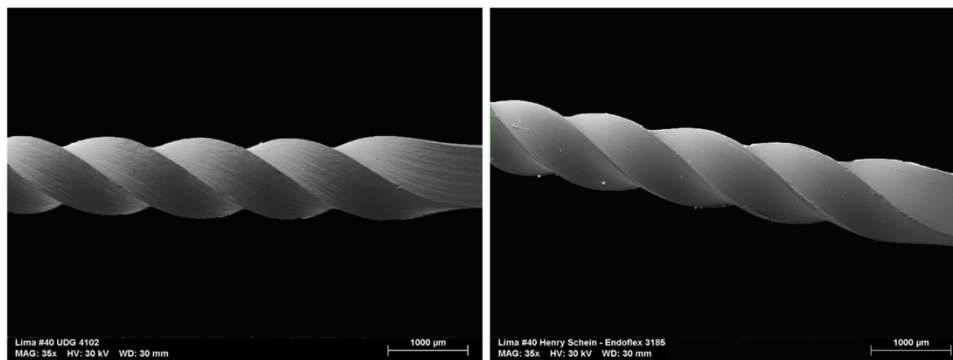
	VDW	K	UDG
<b>Lima #15</b>	1º Anel – 17,3	1º Anel – 20,6	1º Anel – 20,4
	2º Anel – 18,3	2º Anel – 21,7	2º Anel – 21,5
	3º Anel – 19,3	3º Anel – 22,8	3º Anel – 22,6
	4º Anel – 21,3	4º Anel – 25,1	4º Anel – 25,0
<b>Lima #20</b>	1º Anel – 17,3	1º Anel – 20,6	1º Anel – 20,4
	2º Anel – 18,2	2º Anel – 21,5	2º Anel – 21,5
	3º Anel – 19,2	3º Anel – 22,7	3º Anel – 22,6
	4º Anel – 21,3	4º Anel – 24,9	4º Anel – 24,8
<b>Lima #25</b>	1º Anel – 17,4	1º Anel – 20,3	1º Anel – 20,3
	2º Anel – 18,4	2º Anel – 21,5	2º Anel – 21,4
	3º Anel – 19,4	3º Anel – 22,7	3º Anel – 22,5
	4º Anel – 21,3	4º Anel – 25,0	4º Anel – 24,8
<b>Lima #30</b>	1º Anel – 17,4	1º Anel – 20,5	1º Anel – 20,5
	2º Anel – 18,4	2º Anel – 21,7	2º Anel – 21,6
	3º Anel – 19,4	3º Anel – 22,8	3º Anel – 22,6
	4º Anel – 21,4	4º Anel – 25,0	4º Anel – 24,8
<b>Lima #35</b>	1º Anel – 17,2	1º Anel – 20,3	1º Anel – 20,0
	2º Anel – 18,2	2º Anel – 21,4	2º Anel – 21,1
	3º Anel – 19,2	3º Anel – 22,6	3º Anel – 22,1
	4º Anel – 21,1	4º Anel – 25,0	4º Anel – 24,4
<b>Lima #40</b>	1º Anel – 17,3	1º Anel – 20,4	1º Anel – 20,1
	2º Anel – 18,3	2º Anel – 21,5	2º Anel – 21,2
	3º Anel – 19,3	3º Anel – 22,6	3º Anel – 22,3
	4º Anel – 21,2	4º Anel – 24,8	4º Anel – 24,6

### 3. Análise das propriedades microscópicas

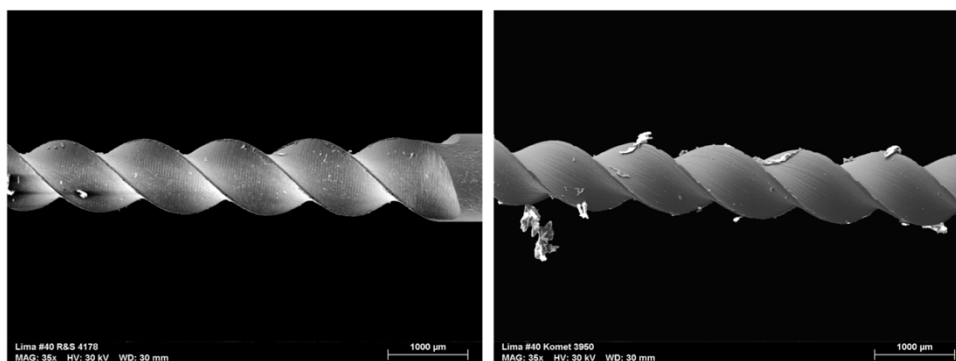
Para a análise das propriedades microscópicas as fotografias utilizadas foram as obtidas através do MEV e foram posteriormente analisadas com o programa *ImageJ* e com uma escala adequada.

#### 3.1. Defeitos Microscópicos e Impurezas

Em relação aos defeitos microscópicos e impurezas encontradas nas limas, foram analisadas as 5 imagens diferentes que foram obtidas através do SEM para cada lima e foi atribuída uma pontuação entre 0 e 3 em que a cotação 0 corresponde há ausência de defeitos ou impurezas (Figura 53, esquerda), 1 há presença de poucos defeitos ou impurezas (Figura 53, direita), 2 há presença de alguns defeitos ou impurezas (Figura 54, esquerda), e 3 há presença de muitos defeitos ou impurezas (Figura 54, direita). As imagens utilizadas para quantificar os defeitos e impurezas presentes foram as imagens individuais utilizadas para fazer as montagens das Figuras 20 a 33.



**Figura 53** - Figuras ilustrativas de defeitos e impurezas. Do lado esquerdo, um exemplo do que foi considerada uma lima sem defeitos e sem impurezas e do lado direito, um exemplo do que foi considerada uma lima com poucos defeitos e poucas impurezas.



**Figura 54** - Figuras ilustrativas dos defeitos e impurezas. Do lado esquerdo, um exemplo do que foi considerada uma lima com alguns defeitos e impurezas e do lado direito, um exemplo do que foi considerada uma lima com muitos defeitos e impurezas.

No final foram elaboradas duas tabelas relativas à quantidade de defeitos microscópicos (Tabela 23) e impurezas (Tabela 24), encontrados em cada lima analisada.

**Tabela 23** - Quantificação dos defeitos microscópicos encontrados em cada lima analisada

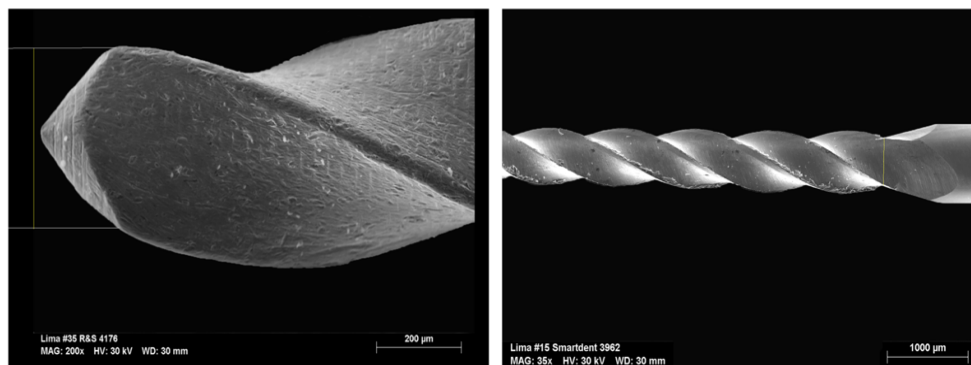
	VDW	DRS	F	TO	HS	M	MP	SE	TH	DM	K	SD	UDG	R&S
<b>Lima #15</b>	1	1	1	3	3	3	2	1	2	3	3	3	0	0
<b>Lima #20</b>	1	1	1	3	3	3	2	1	2	3	2	3	1	3
<b>Lima #25</b>	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2	1
<b>Lima #30</b>	2	0	1	3	2	3	2	3	3	3	3	3	2	3
<b>Lima #35</b>	2	1	1	3	3	3	1	3	3	3	2	3	1	3
<b>Lima #40</b>	1	0	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3

**Tabela 24** - Quantificação das impurezas microscópicas encontrados em cada lima analisada

	VDW	DRS	F	TO	HS	M	MP	SE	TH	DM	K	SD	UDG	R&S
<b>Lima #15</b>	2	2	1	3	2	2	1	1	1	1	3	3	1	1
<b>Lima #20</b>	3	2	1	3	2	2	1	1	1	3	3	3	1	2
<b>Lima #25</b>	3	1	2	3	2	2	1	2	2	2	3	3	1	3
<b>Lima #30</b>	3	2	1	2	1	1	1	1	1	2	3	3	1	2
<b>Lima #35</b>	3	3	1	3	3	2	1	1	2	2	3	3	1	2
<b>Lima #40</b>	3	1	1	3	3	2	1	1	2	3	3	3	1	3

### 3.2. Diâmetro da ponta em D0 e diâmetro no final da parte ativa em d16

As medições foram obtidas como é possível verificar na Figura 55. Para a obtenção do diâmetro da ponta foi necessário fazer uma projeção para fora, uma vez que o ângulo de transição assume uma posição variável. Na imagem do lado esquerdo temos a determinação do diâmetro em D0 e na imagem do lado direito temos a determinação do diâmetro em d16. A Figura 55 serve de exemplo e as restantes encontram-se no Anexos 5 e 6.



**Figura 55** - Exemplo da medição do diâmetro em D0 na lima 35 da VDW e do diâmetro em d16 na lima #15 da Smartdent.

Posteriormente foram elaboradas duas tabelas onde estão expressos os diâmetros D0 e d16 em milímetros de todas as limas analisadas (Tabelas 25 e 26).

**Tabela 25** - Diâmetro da ponta em D0 de cada lima analisada em milímetros.

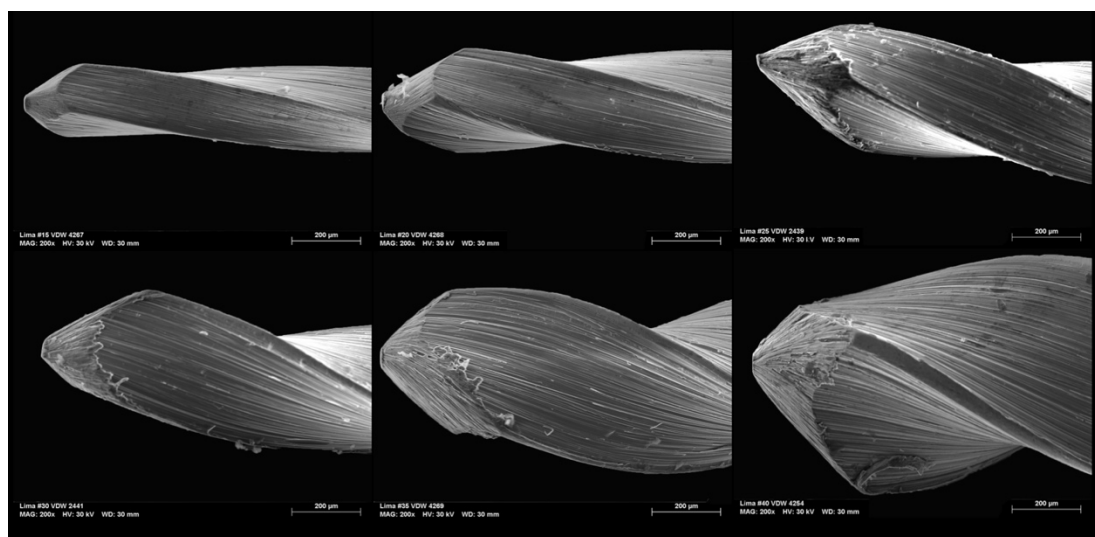
	VDW	DRS	F	TO	HS	M	MP	SE	TH	DM	K	SD	UDG	R&S
<b>Lima #15</b>	0,17	0,21	0,22	0,16	0,17	0,14	0,15	0,26	0,15	0,15	0,17	0,16	0,17	0,16
<b>Lima #20</b>	0,23	0,25	0,25	0,22	0,21	0,21	0,18	0,20	0,25	0,18	0,26	0,21	0,25	0,20
<b>Lima #25</b>	0,25	0,29	0,25	0,25	0,27	0,26	0,32	0,32	0,24	0,25	0,25	0,27	0,31	0,26
<b>Lima #30</b>	0,32	0,29	0,34	0,28	0,33	0,29	0,30	0,35	0,33	0,32	0,31	0,31	0,34	0,31
<b>Lima #35</b>	0,37	0,38	0,41	0,43	0,37	0,35	0,39	0,36	0,38	0,32	0,34	0,41	0,36	0,34
<b>Lima #40</b>	0,43	0,44	0,49	0,54	0,41	0,40	0,45	0,38	0,44	0,37	0,37	0,40	0,50	0,33

**Tabela 26** - Diâmetro da ponta em d16 de cada lima analisada

	VDW	DRS	F	TO	HS	M	MP	SE	TH	DM	K	SD	UDG	R&S
<b>Lima #15</b>	0,52	0,52	0,48	0,53	0,48	0,50	0,51	0,57	0,50	0,53	0,65	0,50	0,49	0,52
<b>Lima #20</b>	0,55	0,55	0,54	0,55	0,51	0,57	0,54	0,59	0,57	0,56	0,68	0,64	0,57	0,58
<b>Lima #25</b>	0,66	0,64	0,59	0,60	0,57	0,59	0,64	0,61	0,64	0,56	0,70	0,64	0,58	0,64
<b>Lima #30</b>	0,67	0,67	0,63	0,64	0,65	0,66	0,64	0,64	0,68	0,64	0,83	0,65	0,64	0,69
<b>Lima #35</b>	0,73	0,68	0,67	0,72	0,71	0,76	0,72	0,68	0,76	0,68	0,91	0,74	0,67	0,76
<b>Lima #40</b>	0,78	0,75	0,73	0,74	0,78	0,77	0,79	0,77	0,76	0,76	0,94	0,88	0,76	0,79

### 3.3. Tipo de ponta

No tipo de ponta o que pretende ser avaliado é se a ponta é ativa ou não. Foi feita uma montagem das imagens obtidas através do MEV a uma ampliação de 200x, para cada conjunto de 6 limas (Figuras 56 a 69).

**Figura 56** - Imagem obtida através do MEV a uma ampliação de 200x da ponta das limas da marca VDW.

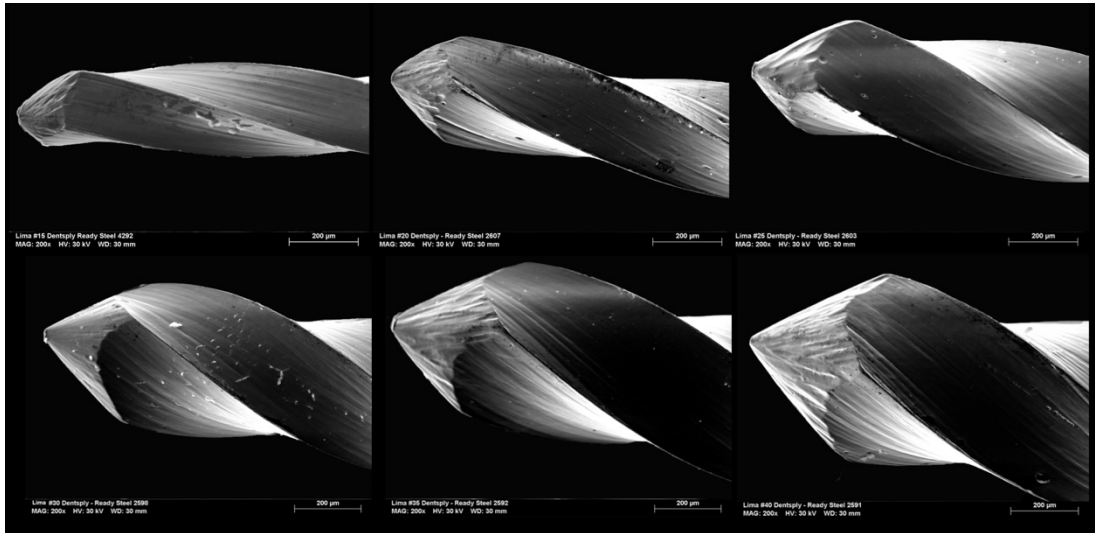


Figura 57 - Imagem obtida através do MEV a uma ampliação de 200x da ponta das limas da marca comercial *Dentsply Ready Steel*.

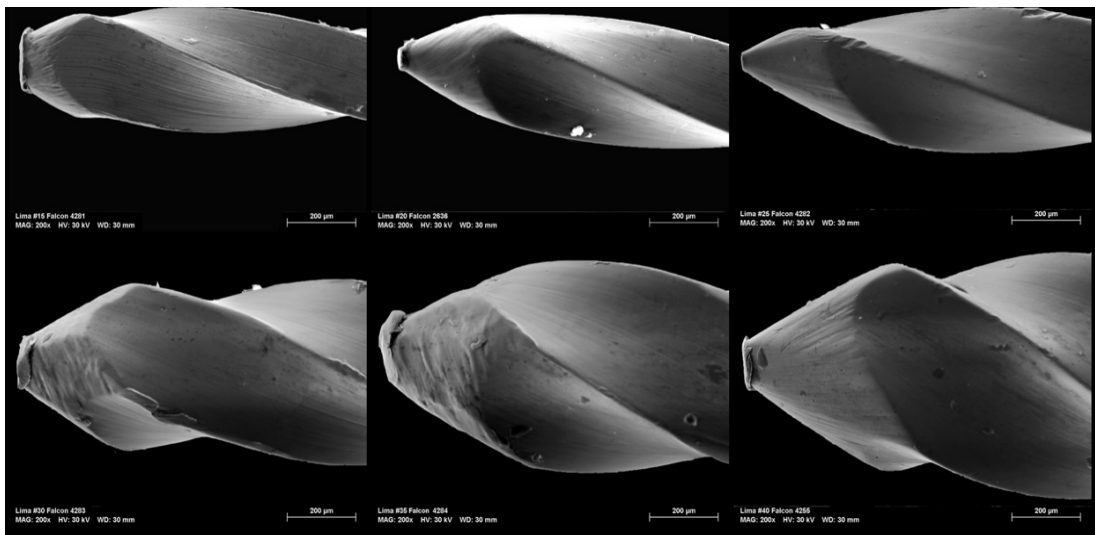


Figura 58 - Imagem obtida através do MEV a uma ampliação de 200x da ponta das limas da marca comercial *Falcon*.

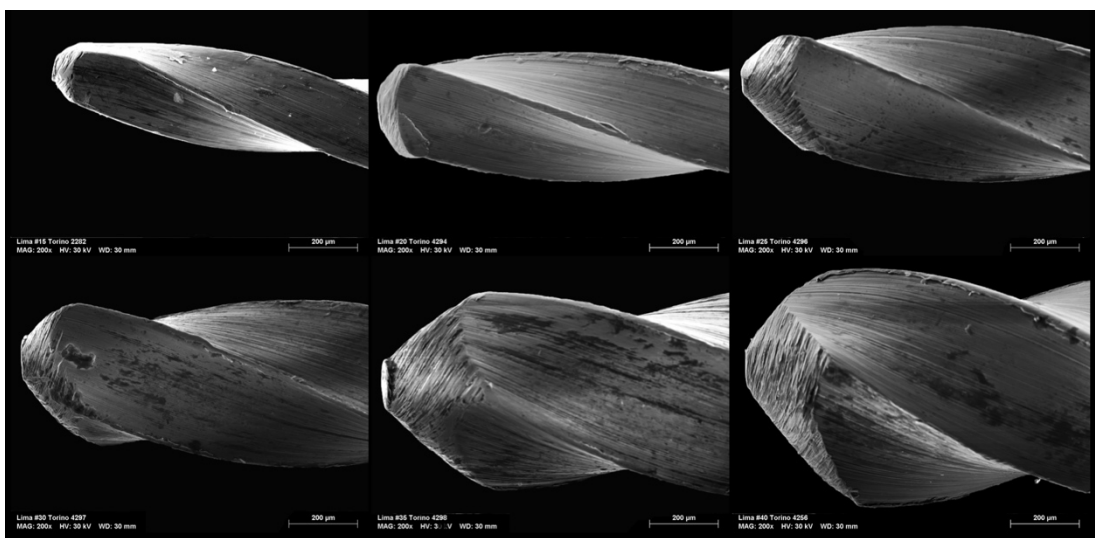


Figura 59 - Imagem obtida através do MEV a uma ampliação de 200x da ponta das limas da marca comercial *Torino*.

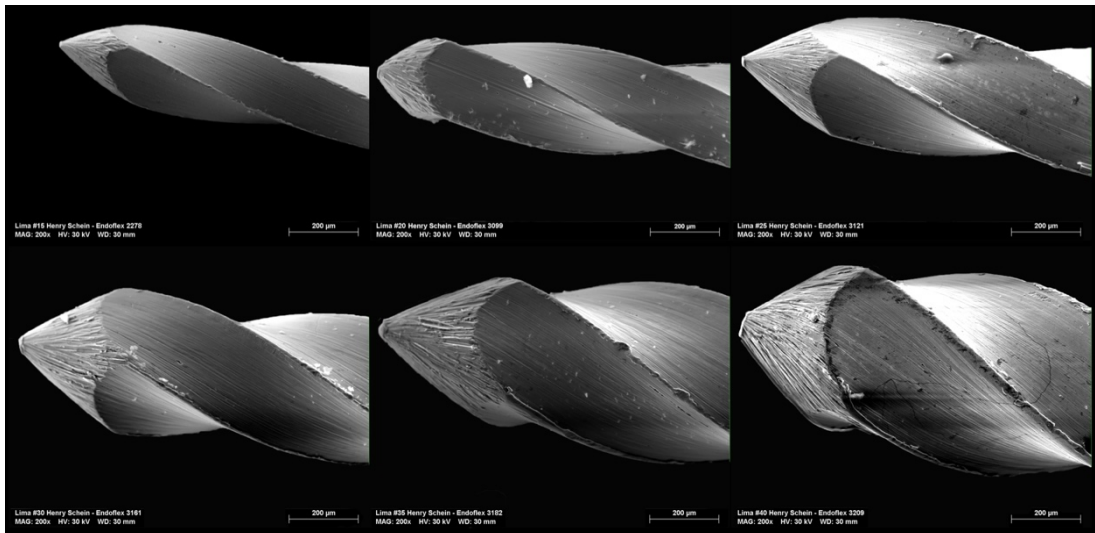


Figura 60 - Imagem obtida através do MEV a uma ampliação de 200x da ponta das limas da marca comercial *Henry Schein – Endoflex*.

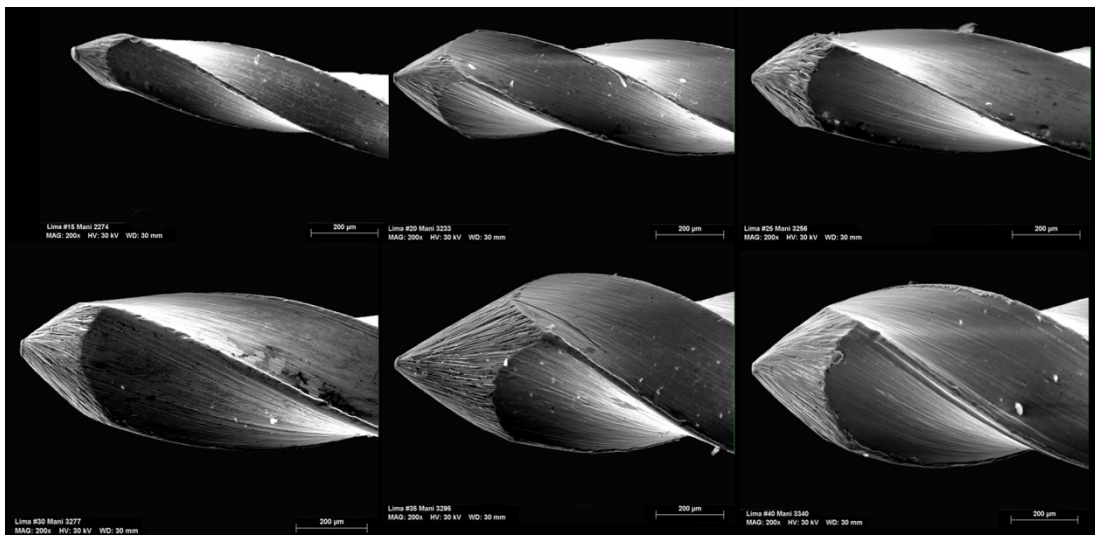


Figura 61 - Imagem obtida através do MEV a uma ampliação de 200x da ponta das limas da marca comercial *Mani*.

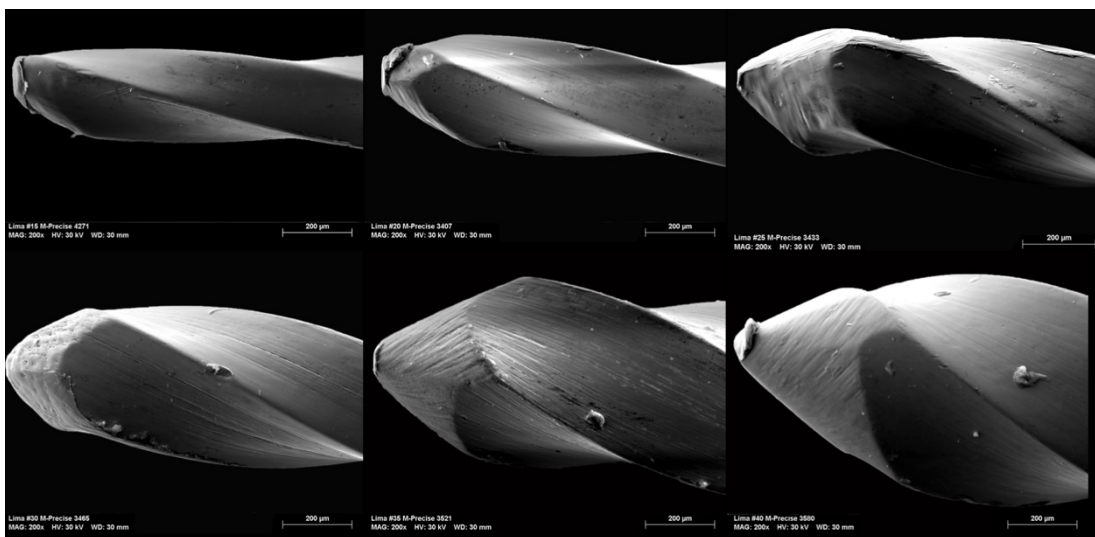


Figura 62 - Imagem obtida através do MEV a uma ampliação de 200x da ponta das limas da marca comercial *M-Precise*.

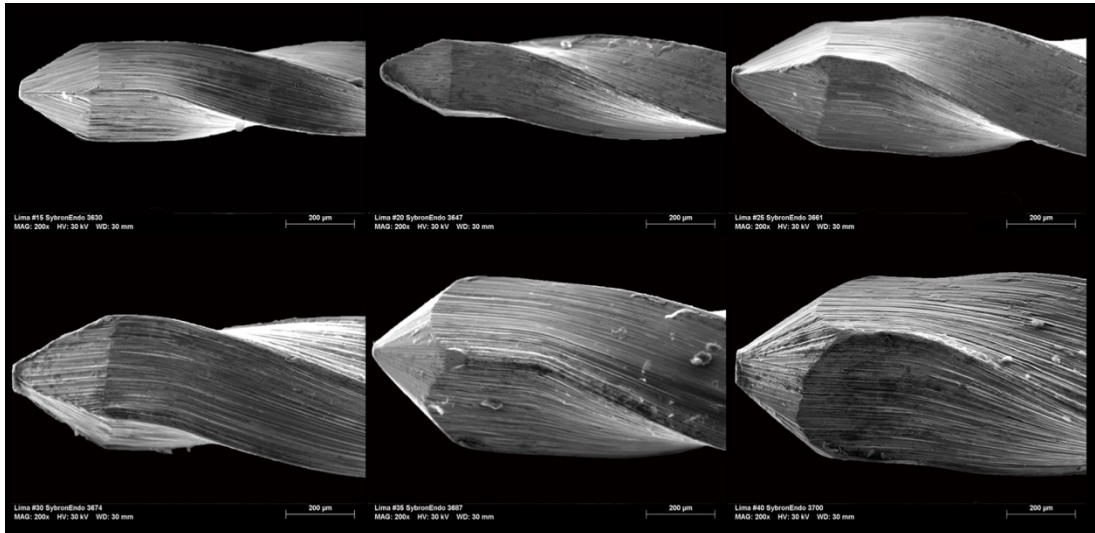


Figura 63 - Imagem obtida através do MEV a uma ampliação de 200x da ponta das limas da marca comercial *SybronEndo*.

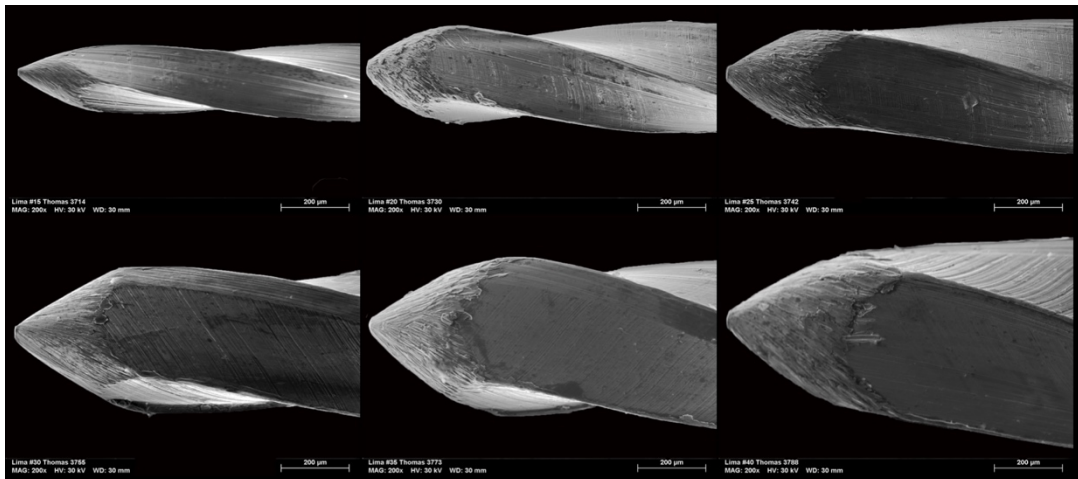


Figura 64 - Imagem obtida através do MEV a uma ampliação de 200x da ponta das limas da marca comercial *Thomas*.

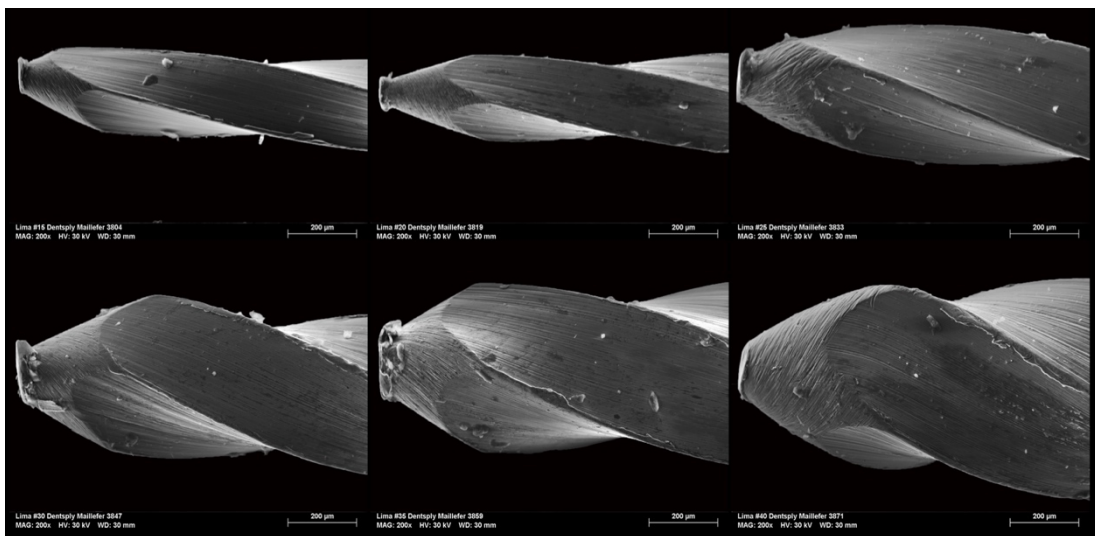


Figura 65 - Imagem obtida através do MEV a uma ampliação de 200x da ponta das limas da marca *Dentsply Maillefer*.

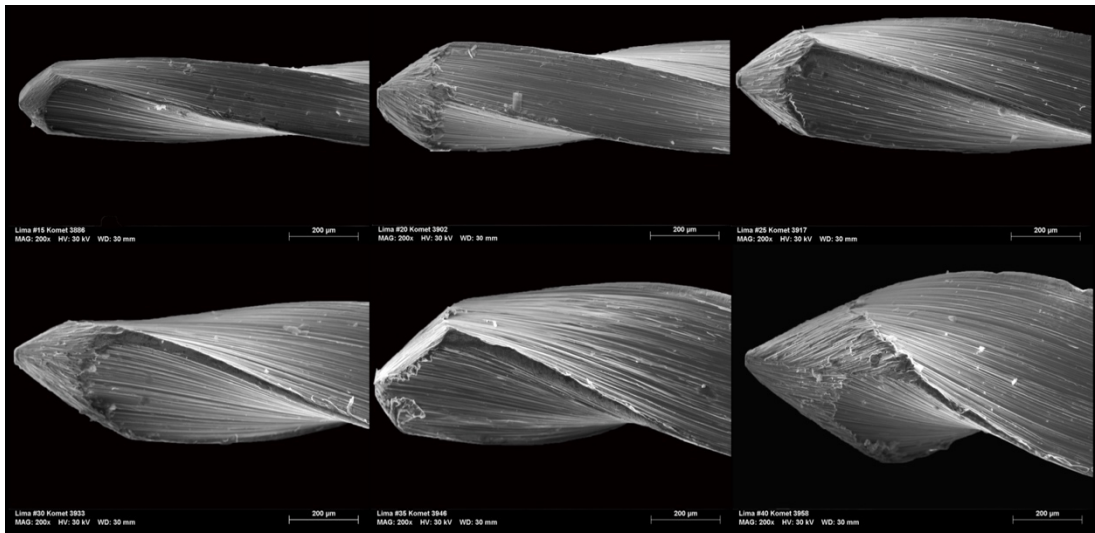


Figura 66 - Imagem obtida através do MEV a uma ampliação de 200x da ponta das limas da marca *Komet*.

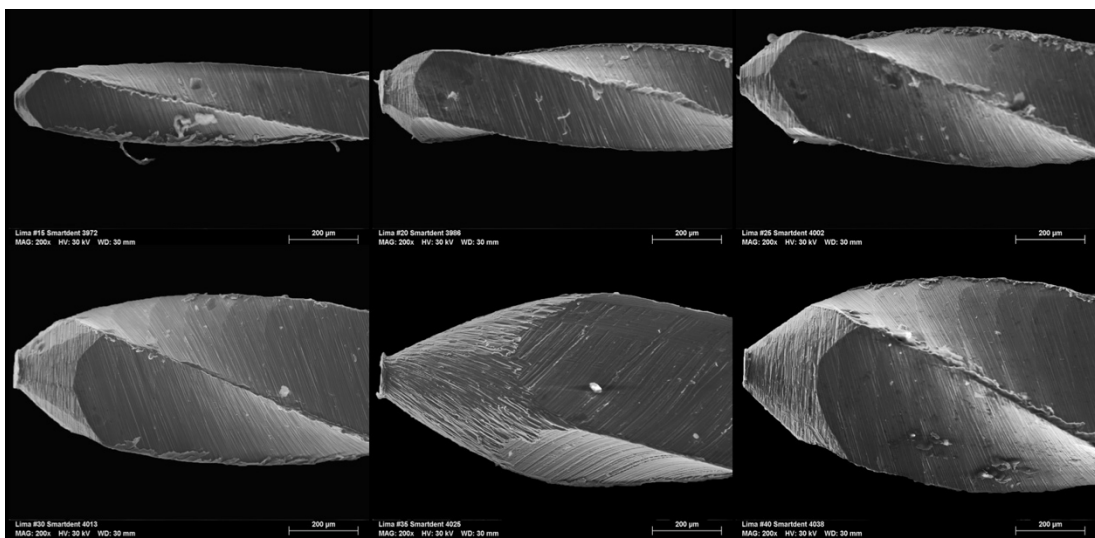


Figura 67 - Imagem obtida através do MEV a uma ampliação de 200x da ponta das limas da marca *Smartdent*.

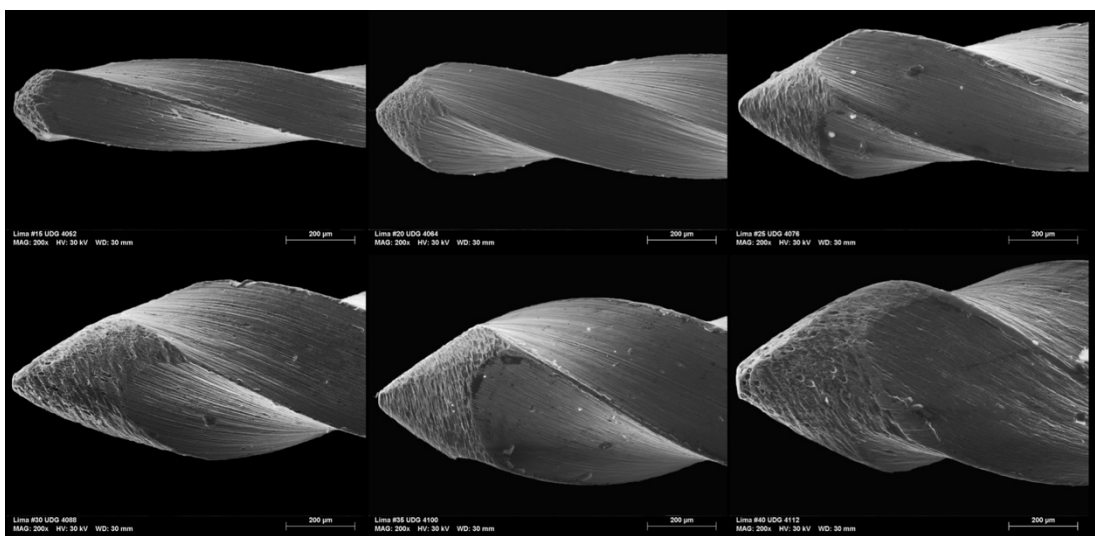
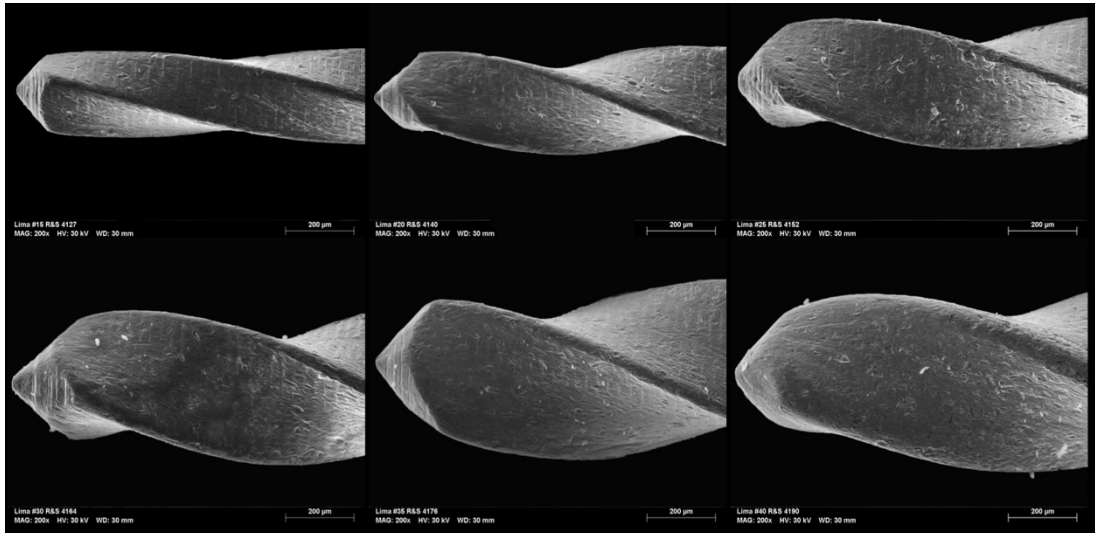


Figura 68 - Imagem obtida através do MEV a uma ampliação de 200x da ponta das limas da marca comercial UDG.



**Figura 69** - Imagem obtida através do MEV a uma ampliação de 200x da ponta das limas da marca comercial R&S.

Posteriormente foi elaborada uma tabela síntese onde se especifica para cada lima o tipo de ponta que apresenta (Tabela 27), sendo atribuída a nomenclatura I quando a lima em questão apresenta uma ponta inativa e a nomenclatura A caso a lima em questão apresente uma ponta ativa.

**Tabela 27** - Tabela síntese do tipo de ponta encontrado em cada lima analisada

	VDW	DRS	F	TO	HS	M	MP	SE	TH	DM	K	SD	UDG	R&S
<b>Lima #15</b>	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
<b>Lima #20</b>	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
<b>Lima #25</b>	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
<b>Lima #30</b>	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
<b>Lima #35</b>	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
<b>Lima #40</b>	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I

### 3.4. Ângulo da ponta

O ângulo da ponta foi calculado através das imagens obtidas a uma ampliação de 200x no MEV (Figura 70). As restantes imagens utilizadas para obter o valor do ângulo da ponta de cada lima encontram-se no Anexo 7.



Figura 70 - Exemplo da medição do ângulo da ponta da lima #40 da SybronEndo.

A informação recolhida foi resumida na Tabela 28 onde se encontra indicado o valor do ângulo da ponta para cada lima analisada.

Tabela 28 - Tabela síntese do valor do ângulo da ponta de cada lima analisada.

	VDW	DRS	F	TO	HS	M	MP	SE	TH	DM	K	SD	UDG	R&S
<b>Lima #15</b>	68°	75°	39°	78°	56°	57°	32°	61°	49°	32°	82°	70°	70°	80°
<b>Lima #20</b>	77°	78°	46°	99°	76°	65°	47°	48°	59°	29°	73°	55°	55°	75°
<b>Lima #25</b>	58°	73°	48°	78°	60°	73°	64°	62°	58°	35°	71°	66°	66°	62°
<b>Lima #30</b>	56°	71°	58°	82°	65°	71°	73°	55°	65°	47°	57°	63°	63°	50°
<b>Lima #35</b>	81°	74°	51°	74°	61°	59°	64°	80°	65°	48°	58°	41°	41°	59°
<b>Lima #40</b>	94°	77°	56°	98°	76°	75°	58°	70°	58°	59°	93°	65°	65°	56°

### 3.5. Design das espiras vendo se são simétricas ou não na sua parte ativa

Para avaliar a simetria do *design* das espiras na parte ativa das limas foi utilizado o programa *ImageJ* para se desenhar linhas sobre as arestas de corte no terço apical, médio e coronal de cada lima. Quando estas linhas eram paralelas entre si foi considerado que há simetria no *design* das espiras (Figura 71), quando estas linhas não eram paralelas foi considerado que não haveria simetria no *design* das espiras (Figura 72).

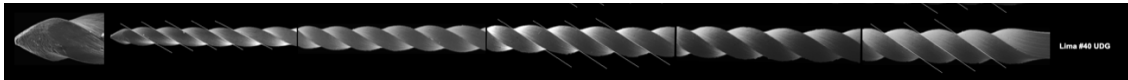


Figura 71 - Imagem ilustrativa do que foi considerado limas com um *design* simétrico das espiras na parte ativa.

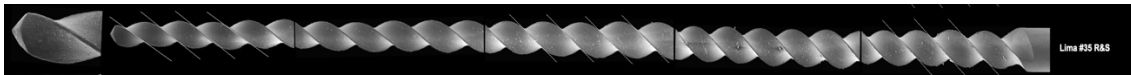


Figura 72 - Imagem ilustrativa do que foi considerado limas com um *design* assimétrico das espiras na parte ativa.

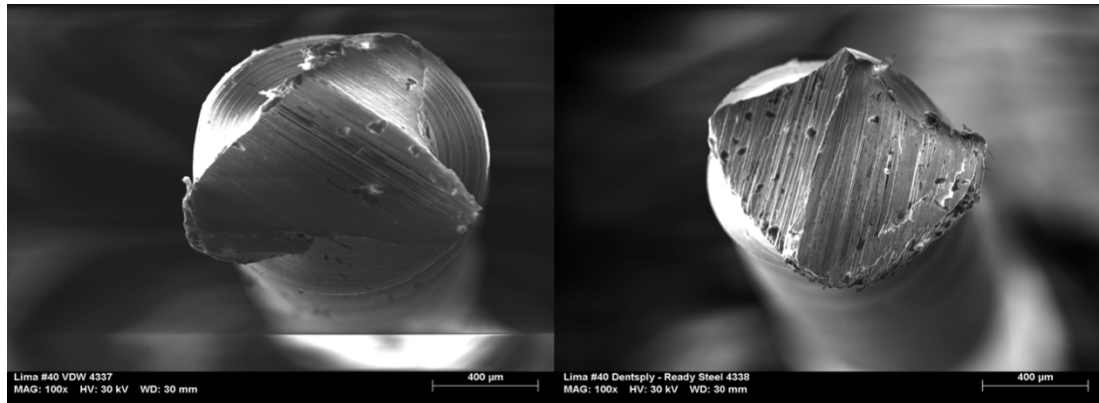
As imagens que demonstram a simetria ou assimetria das espiras encontram-se no Anexo 8. Este procedimento foi efetuado para todas as limas e a informação foi recolhida na Tabela 29 onde a nomenclatura S corresponde a uma lima que apresente um *design* de espiras simétrico e a nomenclatura A corresponde a uma lima que apresenta um *design* de espiras assimétrico.

Tabela 29 - Tabela síntese da identificação da simetria ou assimetria do *design* das espiras na parte ativa das limas analisadas

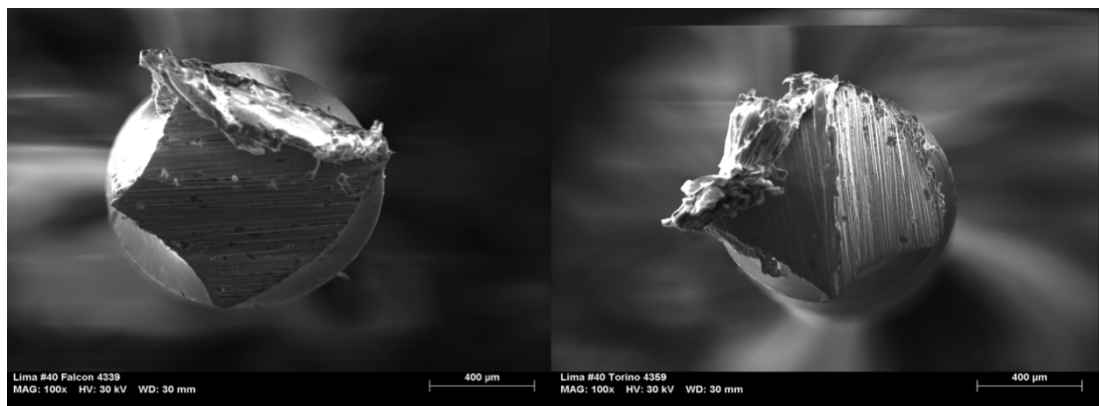
	VDW	DRS	F	TO	HS	M	MP	SE	TH	DM	K	SD	UDG	R&S
Lima #15	S	A	A	S	S	S	S	S	A	S	S	S	S	S
Lima #20	S	S	S	S	S	A	S	S	S	S	S	S	S	S
Lima #25	S	A	A	S	S	A	S	A	S	S	S	S	S	S
Lima #30	S	S	S	S	S	S	S	S	A	A	A	S	S	S
Lima #35	S	S	A	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	A
Lima #40	S	A	A	S	S	S	S	A	S	S	S	S	S	S

### 3.6. Design da Secção Transversal

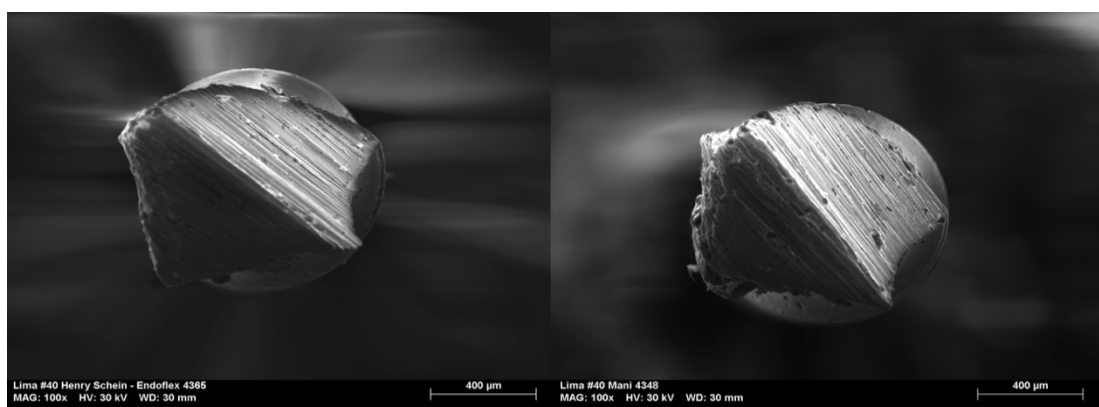
O *design* da secção transversal foi avaliado apenas nas limas de maior calibre, através de fotografias obtidas com o MEV numa ampliação de 100x depois das limas terem sido cortadas aos 8mm (Figuras 73 a 79).



**Figura 73** - Secção transversal das limas de calibre #40 da VDW (esquerda) e da *Dentsply Ready Steel* (direita).



**Figura 74** - Secção transversal das limas de calibre #40 da *Falcon* (esquerda) e da *Torino* (direita).



**Figura 75** - Secção transversal das limas de calibre #40 da *Henry Schein Endoflex* (esquerda) e da *Mani* (direita).

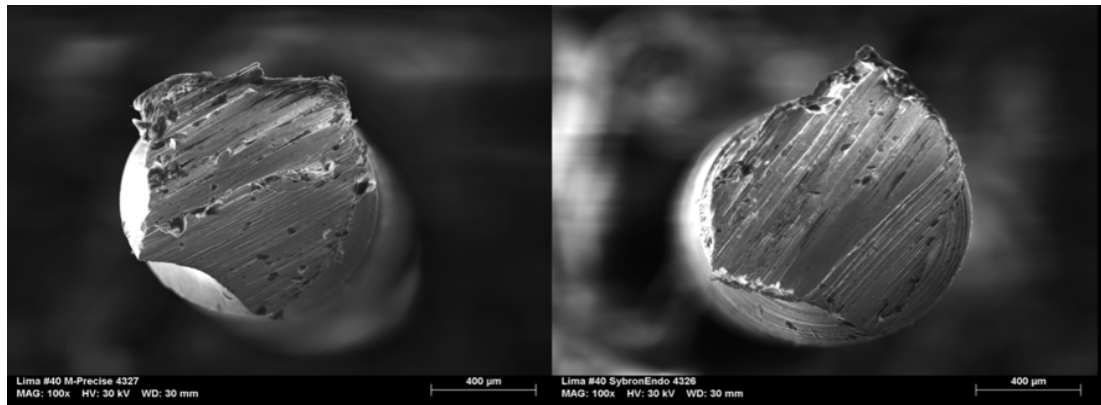


Figura 76 - Secção transversal das limas de calibre #40 da *M-Precise* (esquerda) e da *SybronEndo* (direita).

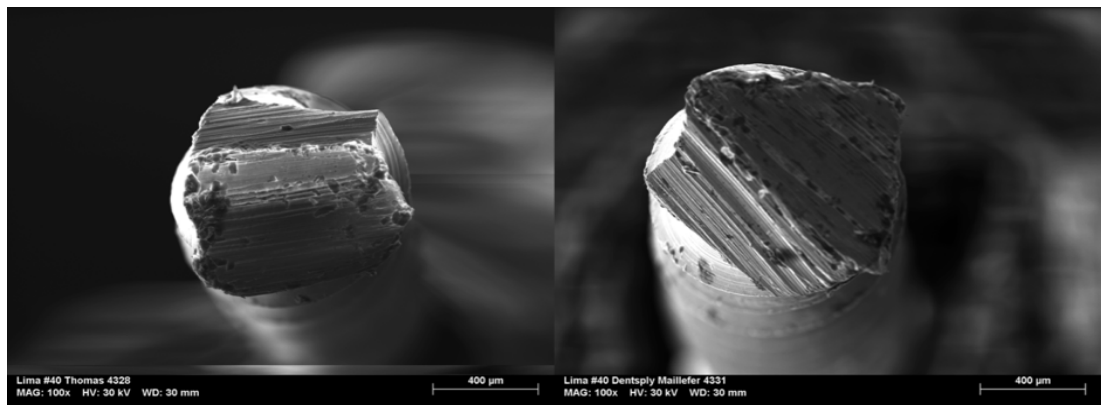


Figura 77 - Secção transversal das limas de calibre #40 da *Thomas* (esquerda) e da *Dentsply Maillefer* (direita).

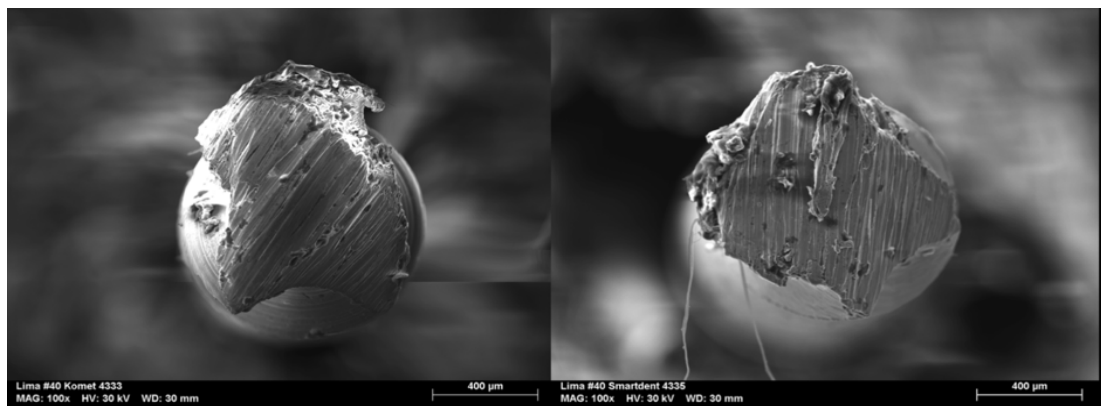


Figura 78 - Secção transversal das limas de calibre #40 da *Komet* (esquerda) e da *Smartdent* (direita).

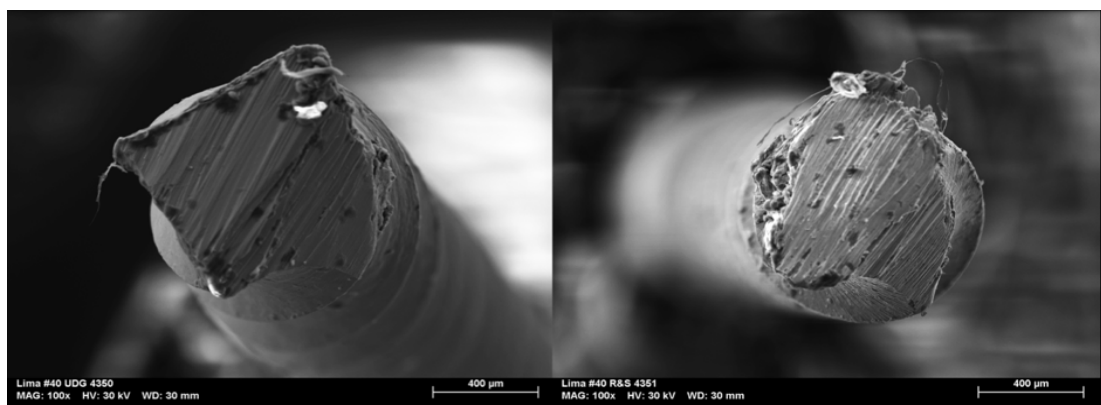


Figura 79 - Secção transversal das limas de calibre #40 da *UDG* (esquerda) e da *R&S* (direita).

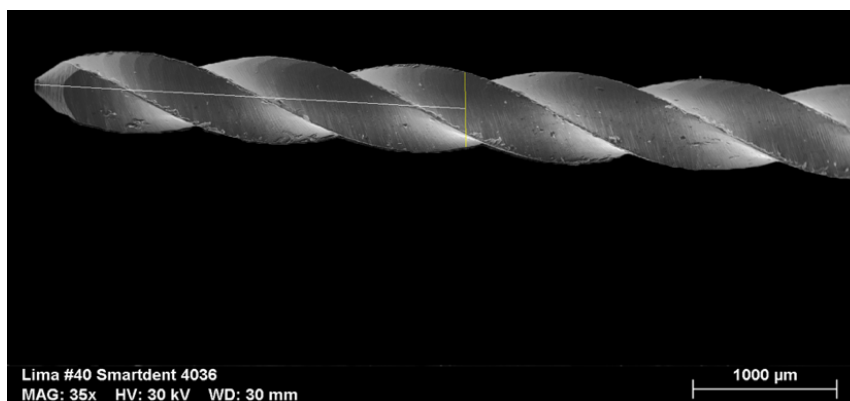
A informação obtida através da análise das imagens anteriores, foi resumida na Tabela 30 onde se encontra indicado o tipo de secção transversal encontrado em cada lima analisada.

**Tabela 30** - Tabela síntese da identificação do tipo de secção transversal de cada lima analisada

Secção Transversal	
Lima #40 VDW	Triangular
Lima #40 Dentsply Ready Steel	Quadrangular
Lima #40 Falcon	Quadrangular
Lima #40 Torino	Triangular
Lima #40 Henry Schein - Endoflex	Triangular
Lima #40 Mani	Triangular
Lima #40 M-Precise	Quadrangular
Lima #40 SybronEndo	Quadrangular
Lima #40 Thomas	Quadrangular
Lima #40 Dentsply Maillefer	Triangular
Lima #40 Komet	Triangular
Lima #40 Smartdent	Quadrangular
Lima #40 UDG	Quadrangular
Lima #40 R&S	Triangular

### 3.7. Conicidade

Para se calcular a conicidade de cada lima analisada foi necessária a determinação do diâmetro a 3mm da ponta (d3) e da determinação do diâmetro a 16mm da ponta d16. Para isso, foi traçada uma linha (branca) de 3mm a começar na ponta e no lugar onde termina a linha, foi determinado o diâmetro correspondente a d3 (Figura 80). As imagens correspondentes às medições das restantes limas encontram-se no Anexo 9.



**Figura 80** - Exemplo da medição do diâmetro d3, da lima #40 da *Smartdent*.

A informação recolhida foi resumida na Tabela 31 onde se encontra indicado o valor do diâmetro d3 de cada lima analisada.

**Tabela 31** - Tabela síntese do diâmetro em d3, de cada lima analisada.

	VDW	DRS	F	TO	HS	M	MP	SE	TH	DM	K	SD	UDG	R&S
<b>Lima #15</b>	0,24	0,32	0,23	0,22	0,27	0,25	0,27	0,29	0,26	0,29	0,24	0,25	0,28	0,28
<b>Lima #20</b>	0,31	0,35	0,36	0,37	0,32	0,29	0,33	0,26	0,33	0,33	0,35	0,30	0,34	0,30
<b>Lima #25</b>	0,37	0,39	0,31	0,38	0,33	0,30	0,41	0,31	0,41	0,42	0,36	0,39	0,41	0,35
<b>Lima #30</b>	0,38	0,50	0,45	0,46	0,44	0,41	0,45	0,41	0,43	0,47	0,36	0,40	0,45	0,36
<b>Lima #35</b>	0,44	0,55	0,55	0,53	0,51	0,42	0,58	0,46	0,48	0,58	0,46	0,51	0,45	0,41
<b>Lima #40</b>	0,51	0,60	0,58	0,55	0,52	0,54	0,58	0,59	0,53	0,59	0,54	0,52	0,59	0,51

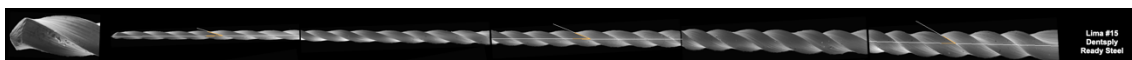
Posteriormente foi aplicada a fórmula previamente mencionada e foi obtido o valor da conicidade para cada lima analisada que e encontra resumido na Tabela 32.

**Tabela 32** - Tabela síntese do valor da conicidade, de cada lima analisada.

	VDW	DRS	F	TO	HS	M	MP	SE	TH	DM	K	SD	UDG	R&S
<b>Lima #15</b>	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02
<b>Lima #20</b>	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02
<b>Lima #25</b>	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,03	0,02	0,01	0,02
<b>Lima #30</b>	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,04	0,02	0,02	0,03
<b>Lima #35</b>	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	0,01	0,04	0,02	0,02	0,03
<b>Lima #40</b>	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,03	0,03	0,01	0,02

### 3.8. Ângulo de hélice

Para se determinar o ângulo de hélice, foi utilizado o programa *ImageJ*. Foi traçado uma linha que corresponde ao longo eixo da lima e foi determinado o ângulo que a aresta de corte faz com o longo eixo da lima. O ângulo de hélice pode variar ao longo da parte ativa da lima e por isso foi determinado no terço apical, médio e coronal (Figura 81).



**Figura 81** - Imagem ilustrativa de como foi determinado o ângulo de hélice para cada lima analisada.

As imagens correspondentes às medições das restantes limas encontram-se no Anexo 10. A informação obtida, foi resumida nas Tabelas 33, 34 e 35 onde se encontra indicado o valor do ângulo de hélice para o terço apical, médio e coronal, respetivamente, de cada lima analisada.

**Tabela 33** - Tabela síntese do valor da do ângulo de hélice medido no terço apical de cada lima analisada.

	VDW	DRS	F	TO	HS	M	MP	SE	TH	DM	K	SD	UDG	R&S
<b>Lima #15</b>	14°	17°	18°	14°	13°	16°	16°	22°	21°	19°	17°	12°	20°	22°
<b>Lima #20</b>	15°	19°	18°	19°	20°	30°	22°	18°	20°	22°	16°	16°	20°	26°
<b>Lima #25</b>	15°	22°	17°	20°	21°	22°	27°	24°	20°	20°	14°	19°	26°	30°
<b>Lima #30</b>	23°	23°	20°	20°	24°	32°	24°	16°	18°	20°	27°	12°	24°	29°
<b>Lima #35</b>	26°	22°	22°	23°	26°	28°	23°	22°	15°	24°	26°	18°	29°	31°
<b>Lima #40</b>	27°	20°	23°	26°	26°	34°	25°	22°	15°	19°	31°	17°	28°	29°

**Tabela 34** - Tabela síntese do valor da do ângulo de hélice medido no terço médio de cada lima analisada.

	VDW	DRS	F	TO	HS	M	MP	SE	TH	DM	K	SD	UDG	R&S
<b>Lima #15</b>	23°	21°	32°	28°	26°	25°	27°	32°	31°	23°	27°	22°	24°	35°
<b>Lima #20</b>	21°	26°	28°	27°	27°	38°	32°	32°	32°	26°	26°	29°	29°	41°
<b>Lima #25</b>	23°	22°	26°	25°	24°	31°	29°	34°	24°	22°	25°	27°	31°	39°
<b>Lima #30</b>	24°	24°	31°	32°	24°	35°	29°	28°	25°	30°	31°	22°	30°	37°
<b>Lima #35</b>	32°	23°	25°	33°	29°	36°	32°	26°	17°	31°	34°	23°	33°	36°
<b>Lima #40</b>	36°	23°	31°	32°	28°	38°	32°	27°	22°	30°	35°	24°	33°	36°

**Tabela 35** - Tabela síntese do valor da do ângulo de hélice medido no terço coronal de cada lima analisada.

	VDW	DRS	F	TO	HS	M	MP	SE	TH	DM	K	SD	UDG	R&S
<b>Lima #15</b>	30°	30°	31°	37°	24°	29°	31°	35°	37°	33°	30	29°	32°	41°
<b>Lima #20</b>	30°	29°	33°	35°	26°	34°	35°	39°	42°	32°	31°	33°	35°	51°
<b>Lima #25</b>	30°	29°	28°	28°	26°	28°	30°	36°	33°	29°	31°	35°	32°	44°
<b>Lima #30</b>	39°	32°	29°	29°	26°	32°	30°	28°	32°	33°	37°	27°	29°	46°
<b>Lima #35</b>	38°	22°	29°	29°	26°	34°	30°	30°	25°	36°	46°	27°	34°	41°
<b>Lima #40</b>	49°	25°	30°	34°	25°	32°	34°	28°	27°	35°	41°	29°	34°	46°



## VI. Discussão

A fratura de instrumentos manuais de aço inoxidável devido ao torque excessivo durante a sua utilização (Cheung, 2009), permanece uma preocupação séria. Pode ocorrer com pouca deformação permanente, portanto, sem aviso visual. Quando as condições são favoráveis, a remoção do fragmento deve ser considerada. No entanto, quando o acesso ao fragmento é difícil, sem visualização direta, a remoção pode levar a danos iatrogênicos, como a formação de degraus, perfurações ou a alargamento do canal por remoção excessiva de dentina. Isto resulta num enfraquecimento da raiz que pode originar fraturas verticais. Outras complicações associadas à remoção dos instrumentos envolvem a fratura de um segundo instrumento ou a extrusão do instrumento fraturado para o espaço periapical (McGuigan et al., 2013). O aumento da resistência à fratura tem sido por isso, um tópico importante na pesquisa na área da endodontia (Versluis et al., 2012).

O presente estudo teve como objetivo avaliar diferentes propriedades microscópicas e macroscópicas das limas *K-File* de 25mm verificando se cumprem as normas ISO de forma a facilitar a escolha do material adquirido, tendo em conta a ampla variedade que se encontra no mercado.

Relativamente à análise dos rótulos das embalagens adquiridas, consegue-se perceber através da análise das Tabelas 4 a 17, que nenhum dos rótulos cumpre com todos os pré-requisitos das normas ISO e ANSI/ADA, nomeadamente no que diz respeito ao comprimento da parte ativa da lima que, segundo as normas ISO, deve ser especificada pelo fabricante, embora nenhuma embalagem possua essa informação. Por outro lado, temos embalagens que apesar de conterem no seu interior limas que não são esterilizadas, apresentam uma data de validade no rótulo. Podemos concluir que as embalagens que estão melhor identificadas são as da VDW e da *Dentsply Ready Steel* que apenas não contém o comprimento da parte ativa. A embalagem com pior identificação será a da *Torino*, por ser a mais incompleta no que diz respeito à informação presente no rótulo.

Relativamente à identificação adicional, como o tamanho nominal e o símbolo de identificação, todas as limas apresentavam ambas discriminadas no seu cabo. Em relação à designação da cor do cabo, a ordem que as limas deviam seguir, começando na 15 e terminando na 40 é branco, amarelo, encarnado, azul, verde e preto, e é de referir que todas as limas respeitaram esta codificação (cores) à exceção lima 25 da marca UDG que

se apresenta com uma cor entre o cor-de-rosa e o encarnado e por isso deve ser apontado como não cumprindo as normas ISO.

De maneira a pesquisarmos de forma mais profunda o cumprimento das normas, recorreu-se ao MEV. Este tem sido o meio padrão de investigação de características de superfície de limas endodônticas (Shahravan et al., 2018; Valois et al., 2005).

As limas de aço inoxidável são fundamentais para a instrumentação do canal radicular. No entanto, as irregularidades da sua superfície podem comprometer a segurança do tratamento pois estas aparentam estar associadas à fratura destes instrumentos. Além disso, a topografia da lima endodôntica dificulta o processo de limpeza do canal radicular, permitindo potencialmente, a acumulação de *debris*. (Valois et al., 2005). Por isso, é importante avaliar os defeitos microscópicos e macroscópicos bem como as impurezas presentes.

Analisando a informação resumida nas Tabelas 19, 26 e 27, obtida pela observação das imagens captadas com o microscópio cirúrgico e com o SEM, nomeadamente, as limas da VDW, *Dentsply Ready Steel* e *Komet*, que estão referidas como esterilizadas, são as limas que mais detritos apresentam. Quando comparadas com as limas UDG e *SybronEndo* que apesar de dizerem não ser esterilizadas foram encontradas muito poucas impurezas. Num estudo conduzido por Cormier et al. em 1988, nenhuma das limas analisadas apresentava defeitos. Pelo contrário, no presente estudo, a presença de defeitos e impurezas foi bastante comum. Foi de estranhar a elevada presença de detritos aquando da observação das limas no MEV uma vez estas, foram retiradas da embalagem, diretamente para o MEV e foram sempre manuseadas com recurso a luvas e com o cuidado de nunca tocar na parte ativa das mesmas, para evitar contaminação. No entanto estes resultados estão de acordo com um estudo realizado por Izadi et al. em 2016 que alerta para a necessidade de prestar mais atenção aos procedimentos de controlo de infeção, esterilização e embalamento.

A distinção entre impurezas e defeitos é difícil, senão impossível. Mesmo recorrendo ao exame microscópico direto, o que pareciam ser defeitos, por vezes desapareciam após limpeza com uma gaze estéril. É interessante notar que, tal como no estudo de Cormier et al. (1988), as duas melhores marcas, *Falcon* e *M-Precise*, que poucas ou nenhuma impurezas e defeitos exibiram à inspeção visual e microscópica, são marcas não certificadas pelas normas ISO e especificação ANSI/ADA. A observação macroscópica foi dificultada uma vez que apenas eram visíveis detritos com dimensão

razoável. Também é importante referir que quanto maior o calibre da lima, melhor se observavam os detritos e que a luz do microscópio cirúrgico utilizado originou algum reflexo ao longo da haste metálica contribuindo também para dificultar a identificação destes defeitos e impurezas.

Os instrumentos de NiTi são caracterizados por dificuldades consideráveis do ponto de vista da manufatura quando comparados com os instrumentos de aço inoxidável, pois as limas devem ser maquinadas ao invés de torcidas (Valois et al., 2005).

A qualidade da fabricação é fundamental para determinar o sucesso ou insucesso das limas endodônticas, independentemente da sua composição ou *design*. Qualquer defeito resultante do processo de fabricação podem acelerar o processo de corrosão culminando na fratura do instrumento (Izadi et al., 2016). Os *cracks* podem causar pontos de concentração de stress que, embora menores que os encontrados como consequência da instrumentação, podendo levar ao fracasso da lima e conseqüentemente prejudicar o sucesso do tratamento endodôntico. Se os defeitos estiverem numa localização sujeita a altas tensões, como ao longo da lâmina ou na aresta cortante, a falha pode ocorrer rapidamente (Mcspadden, 2007).

Segundo as normas ISO e a especificação ANSI/ADA no. 28, os valores do diâmetro aumentam de D0 até d16 e deveriam ser os especificados na Tabela 1 com uma tolerância de 0,02mm. Nos valores obtidos e resumidos na Tabela 23, conseguimos concluir que a única marca de limas que apresenta todos os diâmetros de ponta iguais ou dentro dos limites aceites pelas normas ISO são as limas da marca *Mani*. Todas as restantes limas apresentam-se quer dentro dos parâmetros estipulados pelas normas ISO e/ou dentro dos limites aceites, à exceção das limas da marca *Dentsply Ready Steel* que não apresentam nenhum diâmetro da ponta dentro dos limites aceites pelas normas ISO e ANSI/ADA.

Quanto aos valores obtidos para o diâmetro a 16mm da ponta (d16), e resumidos na tabela 24, conseguimos verificar que a única marca de limas que apresenta todos os diâmetros iguais ou dentro dos limites aceites pelas normas ISO são as da marca *Falcon*. As restantes limas apresentam-se quer dentro dos parâmetros estipulados pelas normas ISO quer dentro dos limites aceites, à exceção das limas das marcas *VDW* e *Thomas*, que não apresenta nenhum diâmetro em d16 dentro dos limites aceites pelas normas ISO e ANSI/ADA.

Relativamente à simetria de espiras ao longo da parte ativa da lima, conseguimos verificar pela informação recolhida na Tabela 28, que algumas, nomeadamente das marcas *VDW*, *Torino*, *Henry Schein*, *M-Precise*, *Smartdent* e *UDG* se apresentam com

uma simetria regular ao longo do terço apical, médio e coronal. Quanto ao número de espiras e tendo em conta a Tabela 18, conseguimos concluir que este varia entre limas, não estando definido num número padrão, podendo variar ligeiramente entre fabricantes o que vai de encontro ao que é afirmado por Berutti et al. (2015).

A informação do número de espiras encontrado por lima foi resumida na Tabela 18. O número de espiras ativas também varia entre limas porque o diâmetro de cada espira (*flute*) varia sendo este fenómeno bastante visível nas limas de calibre 25 da *SybronEndo*. De acordo com a informação obtida podemos concluir que as limas da marca *SybronEndo* apresentaram o maior número de espiras, enquanto o menor número foi encontrado nas limas da marca VDW. No entanto não existem grandes diferenças no número de espiras entre marcas comerciais.

É ainda possível verificar que as limas de menor calibre apresentam um maior número de espiras. Uma maior zona de *pitch* implica um menor número de espiras, o que implica um menor poder de corte (Newman et al., 1983; Shahravan et al., 2018). Quanto menor o número de espirais na ponta, mais flexível é a lima, sendo menor a probabilidade de ficar enroscar na parede do canal sendo mais resistente à fadiga por torção. Sabemos também que qualquer redução no número de espiras resulta na redução do torque necessário aquando da instrumentação. (McSpadden, 2007).

Segundo Berutti et al. (2015), quando duas limas têm o mesmo comprimento de trabalho, a que tiver o maior número de espirais terá o maior enroscamento e exigirá maior torque para rodar. Além disso, quanto maior o número de espirais num determinado comprimento da parte ativa, mais perpendicular a aresta de corte é em relação ao longo eixo da lima e maior a tendência da lima para enroscar no canal, exigindo um torque maior (Izadi et al., 2016). No terço coronário da lima, a parte não ativa que não apresenta espiras, anula muitas das forças de enroscamento a que a parte ativa está sujeita (McSpadden, 2007).

Ao avaliar o número de espiras podemos ainda avaliar as arestas de corte sendo que as limas analisadas aparentam ter uma boa aresta de corte. Sabemos que uma lima com uma aresta de corte mais eficiente requer menos torque, pressão ou tempo para alargar o canal radicular. Sabemos também que quanto mais afiada for a aresta de corte de uma lima, menos espirais por unidade de comprimento a lima deve ter (Miserendino et al., 1985).

Relativamente ao ângulo de hélice, McSpadden em 2007 diz-nos que este pode variar ao longo da parte ativa da lima e, por isso deve ser medido no terço apical, médio

e coronário da lima. De acordo com as Tabelas 33, 34 e 35, podemos concluir que quanto mais próximo da porção apical, menor o ângulo de hélice e quanto mais próximo da coronária, maior o ângulo de hélice. Isto devendo-se ao facto do diâmetro das limas aumentar desde a ponta até ao cabo.

Segundo Berutti et al. (2015), no caso das limas de aço inoxidável, as espiras encontram-se numa posição mais perpendicular em relação ao longo eixo da lima, o que resulta em ângulos de hélice maiores o que por sua vez proporciona um maior poder de corte. Sabemos que, quanto maior o diâmetro, maior o número de espiras, menor a zona de *pitch* e por conseguinte, a aresta cortante da lâmina encontra-se mais perpendicular ao longo eixo da lima. Daqui resultando num maior ângulo de hélice. Sabemos ainda que quanto maior for o número de espiras com um ângulo de hélice semelhante, maior é a tendência para a lima se enroscar no canal e ficar presa (Felt et al., 1982; McSpadden, 2007).

Relativamente às dimensões dos instrumentos endodônticos sabemos que, por exemplo, a parte ativa deve ter 16mm e o comprimento da haste metálica, neste caso, deve ter 25mm. Estas duas dimensões podem ter uma margem de erro de +/- 0,5mm.

No que diz respeito ao comprimento da parte ativa e de acordo com os resultados obtidos (Tabela 20), conseguimos concluir que quase nenhuma lima analisada cumpre com os valores padrão. As limas *K-File* da marca *Dentsply Ready Steel* respeitam os valores, estando dentro dos limites de tolerância ISO aceites. Das restantes marcas analisadas, apenas as limas *K-file* da marca *VDW* apresentam valores dentro dos limites aceites pelas normas ISO e as que não se encontram nestes limites situam-se relativamente próximo. As restantes, nomeadamente as limas das marcas *Torino* e *SybronEndo* apresentam valores mais afastados do valor padrão. McSpadden (2007) diz-nos que se reduzirmos a distância entre o diâmetro mínimo e o diâmetro máximo, diminuimos o torque necessário para a lima completar uma volta completa.

Uma vez que a área da parte ativa é composta pelo comprimento e pelo diâmetro, o torque necessário para girar um instrumento cónico com 16 mm de parte ativa pode ser significativamente maior do que o necessário para um instrumento com 8 mm. Reduzir o comprimento da superfície de trabalho pode certamente reduzir o potencial de enroscamento e, portanto, diminuir a probabilidade de fratura (McSpadden, 2007).

No que diz respeito ao comprimento da haste metálica e de acordo com os resultados obtidos e resumidos na Tabela 21, nenhuma das marcas analisadas apresenta

valores dentro dos limites aceites pelas normas ISO. As limas da marca VDW e *Dentsply Ready Steel* apresentam valores inferiores ao valor padrão, enquanto que as restantes marcas apresentam valores acima desse valor.

Em relação à distância entre a ponta e os anéis de calibração, as marcas definiram 4 anéis para facilitar na determinação do comprimento de trabalho, tendo definido que estes se deviam encontrar a 18mm, 19mm, 20mm e 22mm respetivamente. Apenas 3 marcas apresentavam anéis de calibração, VDW, *Komet* e UDG. Como é possível verificar através da Tabela 22, nenhuma das marcas apresentam os anéis de calibração à distância estipulada. No entanto a marca que mais se aproxima é a VDW com valores semelhantes entre as 6 limas. As marcas *Komet* e UDG apresentam o primeiro anel de calibração a partir dos 20mm, que deveria corresponder ao terceiro anel ficando os restantes mais afastados.

Quanto ao tipo de ponta, esta é uma característica do instrumento que afeta a conformação e limpeza do espaço do canal radicular.(Shahravan et al., 2018) É referido pelas normas ISO 3630-1 que o tipo de ponta fica ao critério do fabricante. A informação resumida na Tabela 25, mostra que nenhuma das limas analisadas, apresenta ponta ativa. O desenho da ponta tem forte influência no formato do canal (Keate & Wong, 1990). Pontas modificadas e não cortantes originam melhores resultados de instrumentação porque o instrumento tem melhor orientação central no canal (Tepel et al., 1995) e fornece um melhor controlo do tamanho da preparação do mesmo produzindo preparações suaves, em oposição aos instrumentos manuais com ponta ativa (Shahravan et al., 2018). O tipo de ponta também tem influência na manutenção da morfologia original do canal radicular, independentemente da liga em que os instrumentos são feitos, uma vez que uma ponta não cortante gera menos transporte dos canais e remove de forma semelhante matéria orgânica da parede interna e externa da curvatura do canal (Bürklein & Schäfer, 2013)

Segundo as normas ISO, o valor do ângulo da ponta não deve ser superior a 90° e segundo as especificações ANSI/ADA este deve ser de 75° com uma tolerância de +/-15°, ou seja, o ângulo da ponta deve estar entre 60° e 90°. Olhando para a informação recolhida na Tabela 30, conseguimos verificar que algumas limas apresentam ângulos da ponta dentro dos parâmetros padrão das especificações ANSI/ADA. No entanto ainda existem muitas limas com um ângulo inferior à tolerância, ou seja, inferior a 60°, e outras que ultrapassam o limite estipulado pelas especificações, ultrapassando os 90°, nomeadamente a lima de calibre 40 da *Komet*, a lima de calibre 40 da VDW e as limas de calibre 20 e 40 da marca *Torino*, que apresentam um ângulo da ponta de 93°, 94°, 99° e de 98°, respetivamente. É importante referir que de todas as limas

analisadas, as limas das marcas *Falcon* e *Dentsply Maillefer* não apresentam nenhum ângulo de ponta dentro dos limites aceites pelas normas ISO e ANSI/ADA.

De acordo com Miserendino et al. (1985,) ângulos de ponta entre 60° e 69° em canais estreitos e ângulos de ponta entre 40° e 49° em canais mais largos têm maior eficiência de corte, mas quanto mais obtuso for o ângulo maior a probabilidade de empurrar *debris* para além do ápex (Keate & Wong, 1990). De acordo com esta informação, algumas limas das marcas VDW, *Henry Schein*, *Mani*, *SybronEndo*, *Thomas*, *Smartdent*, UDG e R&S têm indicação para canais estreitos e algumas limas das marcas *Falcon*, *M-Precise* e *Dentsply Maillefer* têm indicação para canais largos, sendo necessário ter cuidado com as limas de calibre 40 das marcas VDW, *Torino* e *Komet* uma vez que apresentam um ângulo obtuso.

A ponta da lima K tem um ângulo de transição agressivo para a primeira espiral capaz de causar degraus, especialmente ao usar instrumentos menos flexíveis em canais curvos (Berutti et al., 2015). A fratura da lima pode ocorrer pela aplicação de torque excessivo ao tentar alargar um canal que tem um diâmetro menor do que a ponta não cortante da lima.

No que diz respeito à conicidade, é-nos dito pelas normas ISO que os instrumentos do tipo I apresentam uma conicidade constante de 2%. Como podemos observar e de acordo com a informação recolhida na Tabela 32, os valores de conicidade obtidos para mais de metade das limas analisadas corresponde ao valor definido, nomeadamente as marcas VDW, *Henry Schein* e *Thomas* em que todas as limas apresentam uma conicidade correta. Algumas exceções existem com uma conicidade de 1 a 3% e temos ainda como exemplo as limas da marca *Komet* que não apresentam nenhum valor de acordo com o valor definido pelas normas ISO, apresentando apenas valores de 3% e 4% de conicidade.

O que sabemos é que instrumentos com menores conicidades, distribuem a tensão por uma área maior da lima, enquanto as limas com maior conicidade concentram mais a tensão perto da ponta. Mcspadden em 2007, testou várias limas e concluiu que em todas as limas testadas, a fratura aumentou para limas com uma conicidade superior a 0,04, ou seja, 4%.

Quando se fala de secção transversal, apesar de não estar definida nas normas ISO, as limas tipo *K-File* originais apresentam uma secção de corte quadrangular, que aumenta a resistência à torção e flexão tornando-se particularmente útil na negociação inicial dos canais. Os quatro pontos de contato das lâminas contra as paredes do canal melhoram a percepção tátil do operador, tornando-as o instrumento ideal para explorar (*scouting*) a anatomia canalar (Berutti et al., 2015). Como é possível verificar através das imagens

obtidas no SEM e da informação resumida na Tabela 29, podemos concluir que todas as limas de calibre 40 apresentam uma secção transversal quadrangular à exceção das marcas VDW, Torino, Henry Schein, Mani, Dentsply Maillefer, Komet e R&S que apresentam uma secção triangular. A capacidade de uma lima resistir à fratura por torção depende do diâmetro da lima, da massa da secção transversal e do *design*. As limas com o mesmo *design* e diâmetro mas com uma massa de secção transversal maior são capazes de suportar forças de torção maiores (McSpadden, 2007).

Das anteriores observações, questionamos a aceitação de  $H_{11}$  e  $H_{10}$  e, dos resultados obtidos nesta investigação, verificámos que existem diferenças significativas entre as limas da marca *original Dentsply Ready Steel* e as limas da marca de contrafação *Dentsply Maillefer*, e que fundamentalmente são:

- No que respeita à secção transversal, as primeiras apresentam uma secção transversal quadrangular enquanto as segundas, uma secção triangular;

- Relativamente aos defeitos e impurezas encontrados, as primeiras apresentam uma superfície mais regular;

- Quanto ao cumprimento das dimensões estipuladas pelas normas ISO, nenhuma cumpre as normas, mas enquanto as primeiras apresentam uma margem de erro de cerca de +/- 1mm, as segundas apresentam uma margem de erro de +/- 3mm;

- Relativamente aos valores do ângulo da ponta, as primeiras apresentam valores dentro dos limites aceites pela especificação ANSI/ADA e as segundas não.

Estas razões, sugerem a fiabilidade de  $H_{11}$  em detrimento de  $H_{10}$ .

Também as diferenças no *design* observadas entre todas as limas analisadas (limas originais e de contrafação) favorecem  $H_{21}$  em prejuízo de  $H_{20}$ .

Das observações registadas nos respetivos quadros que, apesar dos fabricantes de algumas limas apresentarem valores dentro dos limites estipulados pelas normas ISO e ANSI/ADA, constatámos que nenhuma cumpre a totalidade dos parâmetros. Esta constatação leva-nos a inferir que todos os instrumentos analisados se encontram em desacordo com os padrões estipulados por estas organizações, sugerindo a falta de credibilidade da hipótese  $H_{30}$  em favor a hipótese  $H_{31}$ .

## VII. Conclusão

Este estudo avaliou 84 limas endodônticas do tipo *K-File* de 14 marcas comerciais diferentes.

Como já referido anteriormente, a discussão dos dados observados e registrados, levaram a concluir que é correto que a hipótese  $H_{11}$  tenha sido aceite uma vez que existem diferenças significativas entre as limas da marca *original Dentsply Ready Steel* e as limas da marca de contrafação *Dentsply Maillefer*, no que diz respeito à secção transversal, presença de defeitos e/ou impurezas, dimensões e valores do ângulo da ponta.

Concluimos também que pelas diferenças no *design* entre todas as limas analisadas,  $H_{21}$  seja aceite.

Por fim, a aceitação de  $H_{31}$  é correta pois nenhuma lima cumpre na totalidade, os padrões estipulados pelas normas ISO e ANSI/ADA.

Concluimos que apesar do tempo decorrido desde que a maioria dos fabricantes se comprometeram a alterar os processos de fabricação, para pôr todo o material de acordo com os requisitos das normas ISO, poucos progressos têm sido feitos neste sentido.

Com este estudo concluimos ainda que existem diferenças no *design* entre todas as limas, o que poderá afetar a sua eficiência de corte.

Concluimos também que quanto ao tipo de ponta, secção transversal, número de espiras e ângulo de hélice, não existem padrões definidos, ficando estas ao critério do fabricante, resultando daí uma discrepância entre as limas endodônticas.

Do exposto se conclui que nenhum dos instrumentos analisados, cumpre as normas ISO, nomeadamente as marcas VDW, *Dentsply Ready Steel*, *Falcon* e *UDG*, embora os fabricantes afirmem o contrário. Daí resultam falhas, no que diz respeito à padronização dos instrumentos. Por isso, como seria de prever, as marcas que não mencionam que os seus instrumentos são fabricados segundo as normas ISO e especificações ANSI/ADA, não as cumprem.

Concluimos finalmente que estes resultados sugerem que, perante situações clínicas semelhantes, usando o mesmo instrumento, embora de marcas comerciais diferentes, se possam obter resultados diferentes e imprevisíveis. Principalmente porque, nenhuma das limas analisadas atendeu a todas as normas ISO e especificações ANSI/ADA, apesar de

algumas das características respeitarem os limites de tolerância ISO. No entanto sob tais limites de tolerância, há uma grande possibilidade de sobreposição de tamanhos e/ou de grandes diferenças entre dois tamanhos sequenciais.

Isso justifica a necessidade de um maior controle de qualidade dos instrumentos das diversas marcas.

### **1. Relevância clínica**

Na pesquisa bibliográfica efetuada, não foram encontrados estudos que comprovem a padronização entre limas quer originais quer de contrafação. Torna-se assim relevante avaliar as características de cada uma e verificar se se encontram dentro dos ditos padrões. De destacar também que não foram localizados estudos publicados sobre a superfície de limas endodônticas fabricadas com liga de aço inoxidável sendo por isto, esta pesquisa relevante.

Os endodontistas não têm dado grande relevância quanto a este ponto o que pode levar a diversas interpretações. Ou a falta de uniformidade de tamanhos tem pouco impacto prático no seu trabalho do dia-a-dia ou esses problemas foram notados e geridos, mas explicados por variáveis clínicas durante o tratamento, por os instrumentos padronizados serem considerado legítimos.

O impacto das características no *design* dos instrumentos endodônticos, podem-se manifestar de diversas formas no tratamento. Se instrumentos vendidos como sendo iguais àqueles que cumprem as normas ISO e ANSI/ADA, não tiverem realmente essas características, os resultados quer clínicos quer de aprendizagem serão também diferentes.

Com este estudo concluímos que:

- Apesar de já existir uma padronização das limas endodônticas definidas nas normas ISO;
- Apesar de já existir e especificação ANSI/ADA é necessário haver um melhor controle de qualidade dos instrumentos que se encontram disponíveis no mercado;
- Se o controle for bem sucedido, pode resultar numa economia significativa no processo de fabricação;
- O que contribuiria para conter os custos associados aos tratamentos endodônticos.

## 2. Perspetivas futuras

Em investigações futuras será relevante:

1. Testar as propriedades mecânicas como a fadiga cíclica, a resistência à torção e flexão e relacioná-las com o *design* encontrado neste trabalho de investigação.

2. Avaliar as características metalúrgicas através de uma análise de EDS obtida no SEM.

3. Avaliar a secção transversal de todas as limas e não apenas das limas de maior diâmetro, para se verificar se dentro de cada marca existe uma padronização.

4. No que diz respeito à ponta dos instrumentos endodônticos, deverão ser avaliadas mais propriedades, como por exemplo a morfologia da ponta, a distância entre a ponta e a primeira espira e a simetria da ponta, uma vez que estas especificações podem ter influência durante a instrumentação.

5. O reduzido número de limas endodônticas analisadas pode não representar a extensão dos efeitos residuais dos métodos de produção usados por cada fabricante. Será por isso relevante em investigações futuras analisar mais do que uma embalagem de cada marca comercial, uma vez que é possível que outros conjuntos de limas possam variar de forma significativa, no que respeita ao tamanho e propriedades.

Numa tentativa de tentar diminuir a margem de erro das medições efetuadas neste trabalho, foram realizadas 3 medições para cada parâmetro analisado. No entanto, de forma a diminuir ainda mais o risco de informação viciada, é importante que numa investigação futura, a recolha dos dados seja feita de forma aleatória e por mais do que um investigador e que estes estejam devidamente calibrados entre si.



## VIII. Bibliografia

- Alghaithy, R. A., & Qualtrough, A. J. E. (2017). Pulp sensibility and vitality tests for diagnosing pulpal health in permanent teeth: a critical review. *International Endodontic Journal*, 50(2), 135–142. <https://doi.org/10.1111/iej.12611>
- American Association of Endodontis (AAE). (2013). Guide to Clinical Endodontics 2013. (6<sup>th</sup> ed.). Disponível em <https://www.aae.org/specialty/clinical-resources/guide-clinical-endodontics/>
- American Association of Endodontists (AAE). (2013). Endodontic Diagnosis 2013. Disponível <https://www.aae.org/specialty/wpcontent/uploads/sites/2/2017/07/endodonticdiagnosisfall2013.pdf>
- American Association of Endodontists (AAE). (2020). Glossary of Endodontic Terms 2020. (10<sup>th</sup> ed.). Disponível em <https://www.aae.org/specialty/clinical-resources/glossary-endodontic-terms/>
- Anil, S., Neelakantan, P., & Nassif, W. (2017). Evolution of Nickel–titanium Alloys in Endodontics. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 18(11), 1090–1096. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-2181>
- ANSI/ADA specification no. 28. Root canal files and reamers, type K. Chicago, IL: American Dental Association. Approved January, 2008.
- Ashley, M., & Harris, I. (2001). The Assessment of the Endodontically Treated Tooth. *Dental Update*, 28(5), 247–252. <https://doi.org/10.12968/denu.2001.28.5.247>
- Basrani, B., & Haapasalo, M. (2012). Update on endodontic irrigating solutions. *Endodontic Topics*, 27(1), 74–102. <https://doi.org/10.1111/etp.12031>
- Bender, I. B. (2000). Pulpal pain diagnosis--a review. *Journal of Endodontics*, 26(3), 175–179. <https://doi.org/10.1097/00004770-200003000-00012>
- Berman, L. H., & Rotstein, I. (2020). Diagnosis in L.H. Berman & K. M. Hargreaves, *Cohen's Pathways of the Pulp Expert Consult* (12.<sup>th</sup> ed., pp. 184-273). Elsevier Health Sciences. <https://books.google.pt/books?id=YOZBzQEACAAJ>.
- Berutti, E., Cantore, G., & Castellucci, A. (2015). Endodontic Instruments in A. Castellucci, *Endodontics: Vol. II* (pp. 356-395). Il Tridente. <https://books.google.pt/books?id=8VFQAQAAIAAJ>
- Bürklein, S., & Schäfer, E. (2013). Critical evaluation of root canal transportation by instrumentation. *Endodontic Topics*, 29(1), 110–124. <https://doi.org/10.1111/etp.12043>
- Cardoso, M., Noites, R., Catré, D., Paulo, M., & Viegas, C. (2018). Dental Dam Application for Endodontics in Dogs—A Novel Clamp Kit. *Journal of Veterinary Dentistry*, 35(2), 138–142. <https://doi.org/10.1177/0898756418777764>

- Chan, A. W. K., & Cheung, G. S. P. (1996). A comparison of stainless steel and nickel-titanium K-files in curved root canals. *International Endodontic Journal*, 29(6), 370–375. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.1996.tb01400.x>
- Cheung, G. S. P. (2010). Instrument fracture: mechanisms, removal of fragments, and clinical outcomes. *British Dental Journal*, 208(1), 13–13. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2010.21>
- Clifford J. R. (2005). The Protaper Technique Shaping the Future of Endodontics in A. Castellucci, *Endodontics: Vol. II* (pp. 356-395). II Tridente. <https://books.google.pt/books?id=8VFQAQAIAAJ>
- Cooley, R. L., Stille, J., & Lubow, R. M. (1984). Evaluation of a digital pulp tester. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 58(4), 437–442. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(84\)90340-2](https://doi.org/10.1016/0030-4220(84)90340-2)
- Cormier, C. J., von Fraunhofer, J. A., & Chamberlain, J. H. (1988). A comparison of endodontic file quality and file dimensions. *Journal of Endodontics*, 14(3), 138–142. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(88\)80215-2](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(88)80215-2)
- Craig, R. G., & Peyton, F. A. (1963). Physical properties of stainless steel endodontic files and reamers. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 16(2), 206–217. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(63\)90034-3](https://doi.org/10.1016/0030-4220(63)90034-3)
- Cruse, W. P., & Bellizzi, R. (1980). A historic review of endodontics, 1689–1963, part 1. *Journal of Endodontics*, 6(3), 495–499. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(80\)80008-2](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(80)80008-2)
- D’Arcangelo, C., Varvara, G., & De Fazio, P. (1999). An evaluation of the action of different root canal irrigants on facultative aerobic-anaerobic, obligate anaerobic, and microaerophilic bacteria. *Journal of Endodontics*, 25(5), 351–353. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)81170-2](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)81170-2)
- de Chevigny, C., Dao, T. T., Basrani, B. R., Marquis, V., Farzaneh, M., Abitbol, S., & Friedman, S. (2008). Treatment Outcome in Endodontics: The Toronto Study—Phase 4: Initial Treatment. *Journal of Endodontics*, 34 (3), 258–263. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2007.10.017>
- Elizabeth M., S. (2005). Hand instrumentation in root canal preparation. *Endodontic Topics*, 10(1), 163–167. <https://doi.org/10.1111/j.1601-1546.2005.00127.x>
- Estrela, C., Estrela, C. R. A., Barbin, E. L., Spanó, J. C. E., Marchesan, M. A., & Pécora, J. D. (2002). Mechanism of action of sodium hypochlorite. *Brazilian Dental Journal*, 13(2), 113–117. <https://doi.org/10.1590/S0103-64402002000200007>
- Felt, R. A., Moser, J. B., & Heuer, M. A. (1982). Flute design of endodontic instruments: its influence on cutting efficiency. *Journal of Endodontics*, 8(6), 253–259. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(82\)80335-X](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(82)80335-X)

- Gillen, B. M., Looney, S. W., Gu, L.-S., Loushine, B. A., Weller, R. N., Loushine, R. J., Pashley, D. H., & Tay, F. R. (2011). Impact of the Quality of Coronal Restoration versus the Quality of Root Canal Fillings on Success of Root Canal Treatment: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of Endodontics*, 37(7), 895–902. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.04.002>
- Gopikrishna, V., Pradeep, G., & Venkateshbabu, N. (2009). Assessment of pulp vitality: a review. *International Journal of Paediatric Dentistry*, 19(1), 3–15. <https://doi.org/10.1111/j.1365-263X.2008.00955.x>
- Gordon, T. M., Damato, D., & Christner, P. (1981). Solvent effect of various dilutions of sodium hypochlorite on vital and necrotic tissue. *Journal of Endodontics*, 7(10), 466–469. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(81\)80308-1](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(81)80308-1)
- Green, E. N. (1957). Microscopic investigation of root canal file and reamer widths. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 10(5), 532–540. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(57\)90013-0](https://doi.org/10.1016/0030-4220(57)90013-0)
- Gulabivala, K., Patel, B., Evans, G., & Ng, Y.-L. (2005). Effects of mechanical and chemical procedures on root canal surfaces. *Endodontic Topics*, 10(1), 103–122. <https://doi.org/10.1111/j.1601-1546.2005.00133.x>
- Gutmann, J. L., & Lovdahl, P. E. (2011). Problem-Solving Clinical Techniques in Enlarging and Shaping the Root Canal. In *Problem Solving in Endodontics* (pp. 195–208). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-06888-8.00010-6>
- Haapasalo, M., Endal, U., Zandi, H., & Coil, J. M. (2005). Eradication of endodontic infection by instrumentation and irrigation solutions. *Endodontic Topics*, 10(1), 77–102. <https://doi.org/10.1111/j.1601-1546.2005.00135.x>
- Haapasalo, M., Qian, W., & Shen, Y. (2012). Irrigation: beyond the smear layer. *Endodontic Topics*, 27(1), 35–53. <https://doi.org/10.1111/etp.12030>
- Haapasalo, M., Shen, Y., Qian, W., & Gao, Y. (2010). Irrigation in Endodontics. *Dental Clinics of North America*, 54(2), 291–312. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2009.12.001>
- Heydrich, R. W. (2005). Pre-endodontic treatment restorations. A modification of the “donut” technique. *Journal of the American Dental Association (1939)*, 136(5), 641–642. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2005.0236>
- Hülsmann, M. (2013). Effects of mechanical instrumentation and chemical irrigation on the root canal dentin and surrounding tissues. *Endodontic Topics*, 29(1), 55–86. <https://doi.org/10.1111/etp.12047>
- Hulsmann, M., Peters, O. A., & Dummer, P. M. H. (2005). Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. *Endodontic Topics*, 10(1), 30–76. <https://doi.org/10.1111/j.1601-1546.2005.00152.x>

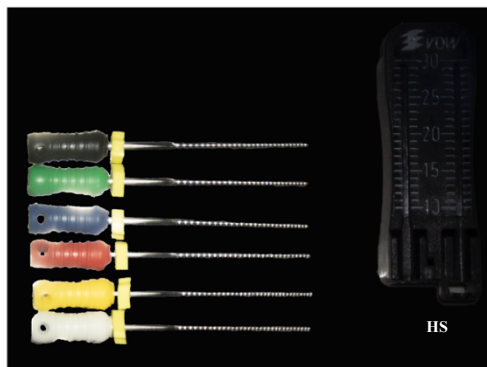
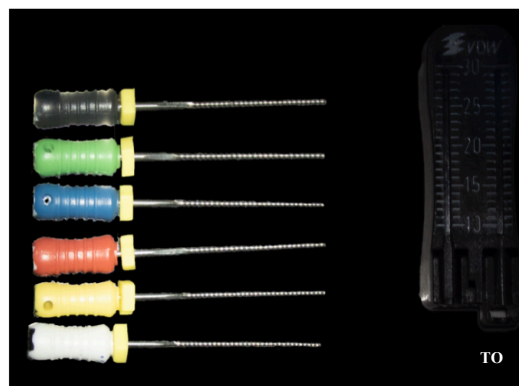
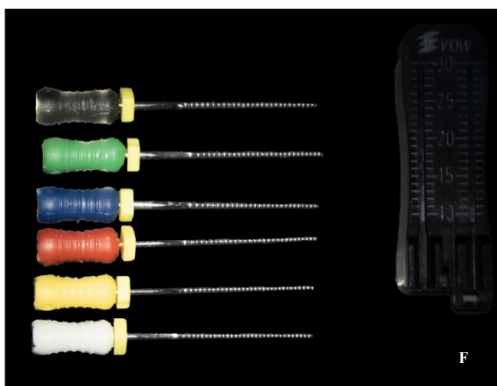
- Ingle, J. I. (1961). A standardized endodontic technique utilizing newly designed instruments and filling materials. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 14(1), 83–91. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(61\)90477-7](https://doi.org/10.1016/0030-4220(61)90477-7)
- ISO3630-3631: 2019. Dentistry – Endodontic instruments – Part 1: General requirements.
- Izadi, A., Shahravan, A., & Nejad, H. S. (2016). Physical properties of five brands of K-files. *Iranian Endodontic Journal*, 11(2), 114–118. <https://doi.org/10.7508/iej.2016.02.008>
- Jafarzadeh, H., & Abbott, P. V. (2010). Review of pulp sensibility tests. Part I: general information and thermal tests. *International Endodontic Journal*, 43(9), 738–762. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2010.01754.x>
- Karamifar, K. (2020). Endodontic Periapical Lesion: An Overview on Etiology, Diagnosis and Current Treatment Modalities. *European Endodontic Journal*, 5(2), 54–67. <https://doi.org/10.14744/ej.2020.42714>
- Keate, K. C., & Wong, M. (1990). A comparison of endodontic file tip quality. *Journal of Endodontics*, 16(10), 486–491. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(07\)80178-6](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(07)80178-6)
- Matthews, B., & Vongsavan, N. (1994). Interactions between neural and hydrodynamic mechanisms in dentine and pulp. *Archives of Oral Biology*, 39(SUPPL.), S87–S95. [https://doi.org/10.1016/0003-9969\(94\)90193-7](https://doi.org/10.1016/0003-9969(94)90193-7)
- McClannahan, S. B., Baisden, M. K., & Bowles, W. R. (2011). Endodontic diagnostic terminology update. *Northwest Dentistry*, 90(5), 25–27. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22132547>
- McGuigan, M. B., Louca, C., & Duncan, H. F. (2013). Clinical decision-making after endodontic instrument fracture. *British Dental Journal*, 214(8), 395–400. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2013.379>
- McSpadden, J. T. (2007). Mastering the Technique in J. T. McSpadden, *Mastering Endodontic Instrumentation* (pp. 105-124). Cloudland Institute. [https://www.academia.edu/29954491/Mastering\\_Endodontic\\_Instrumentation](https://www.academia.edu/29954491/Mastering_Endodontic_Instrumentation)
- Metzger, Z., Solomonov, M., & Kfir, A. (2013). The role of mechanical instrumentation in the cleaning of root canals. *Endodontic Topics*, 29(1), 87–109. <https://doi.org/10.1111/etp.12048>
- Miserendino, L. J., Moser, J. B., Heuer, M. A., & Osetek, E. M. (1985). Cutting efficiency of endodontic instruments. Part 1: a quantitative comparison of the tip and fluted regions. *Journal of Endodontics*, 11(10), 435–441. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(85\)80082-0](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(85)80082-0)
- Newman, J. G., Brantley, W. A., & Gerstein, H. (1983). A study of the cutting efficiency of seven brands of endodontic files in linear motion. *Journal of Endodontics*, 9(8), 316–322. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(83\)80145-9](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(83)80145-9)

- Ng, Y. L., & Gulabivala, K. (2020). Evaluation of outcomes in L. H. Berman & K. M. Hargreaves, *Cohen's Pathways of the Pulp Expert Consult* (12.<sup>th</sup> ed., pp. 184-273). Elsevier Health Sciences. <https://books.google.pt/books?id=YOZBzQEACAAJ>.
- Ørstavik, D. (1996). Time-course and risk analyses of the development and healing of chronic apical periodontitis in man. *International Endodontic Journal*, 29(3), 150–155. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.1996.tb01361.x>
- Ozen, B., & Akgun, O. M. (2013). A comparison of Ni-Ti rotary and hand files instrumentation in primary molars. *Journal of International Dental and Medical Research*, 6(1), 6–8. [https://www.researchgate.net/publication/271272808\\_A\\_Comparison\\_of\\_Ni-Ti\\_Rotary\\_and\\_Hand\\_Files\\_Instrumentation\\_in\\_Primary\\_Molars](https://www.researchgate.net/publication/271272808_A_Comparison_of_Ni-Ti_Rotary_and_Hand_Files_Instrumentation_in_Primary_Molars)
- Rees, J. S., & Addy, M. (2002). A cross-sectional study of dentine hypersensitivity. *Journal of Clinical Periodontology*, 29(11), 997–1003. <https://doi.org/10.1034/j.1600-051X.2002.291104.x>
- Schilder, H. (1974). Cleaning and shaping the root canal. *Dental Clinics of North America*, 18(2), 269–296. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/4522570>
- Schilder, H. (2006). Filling Root Canals in Three Dimensions. *Journal of Endodontics*, 32(4), 281–290. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2006.02.007>
- Segura-Egea, J. J., Gould, K., Şen, B. H., Jonasson, P., Cotti, E., Mazzoni, A., Sunay, H., Tjäderhane, L., & Dummer, P. M. H. (2017). Antibiotics in Endodontics: a review. *International Endodontic Journal*, 50(12), 1169–1184. <https://doi.org/10.1111/iej.12741>
- Seltzer, S., & Farber, P. A. (1994). Microbiologic factors in endodontology. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 78(5), 634–645. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(94\)90178-3](https://doi.org/10.1016/0030-4220(94)90178-3)
- Serene, T. P., & Loadholt, C. (1984). Variations in same-size endodontic files. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 57(2), 200–202. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(84\)90212-3](https://doi.org/10.1016/0030-4220(84)90212-3)
- Shabbir, J., Zehra, T., Najmi, N., Hasan, A., Naz, M., Piasecki, L., & Azim, A. A. (2021). Access Cavity Preparations: Classification and Literature Review of Traditional and Minimally Invasive Endodontic Access Cavity Designs. *Journal of Endodontics*, 47(8), 1229–1244. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2021.05.007>
- Shahravan, A., Gorjestani, H., Izadi, A., & Mortazavi, N. (2018). Topographic Features of Five K-file Brands in Iranian Market: A Scanning Electron Microscopic Study. *Iranian Endodontic Journal*, 13(1), 66–70. <https://doi.org/10.22037/iej.v12i3.16031>
- Sjögren, U., Hägglund, B., Sundqvist, G., & Wing, K. (1990). Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *Journal of Endodontics*, 16(10), 498–504. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(07\)80180-4](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(07)80180-4)
- Stenman, E., & Spångberg, L. S. W. (1993). Root canal instruments are poorly standardized. *Journal of Endodontics*, 19(7), 327–334. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)81358-0](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)81358-0)

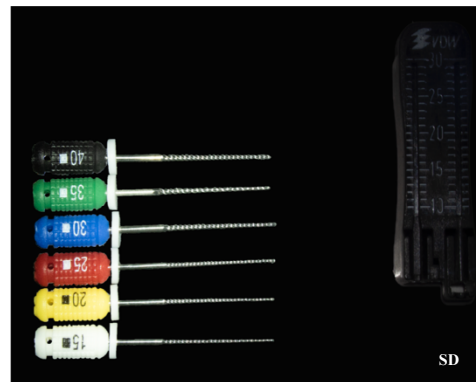
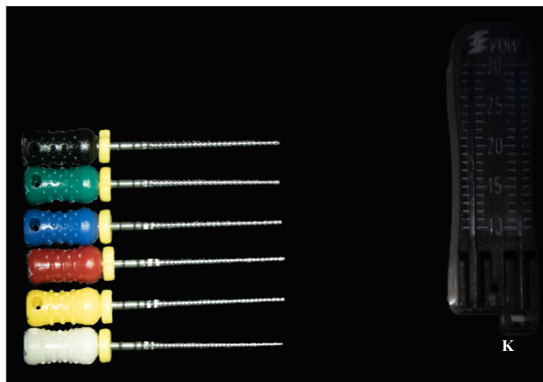
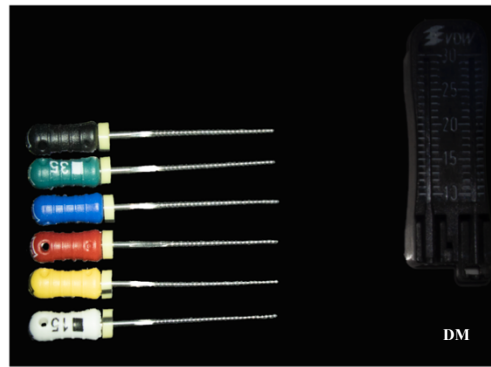
- Takahashi. (1998). Microbiological, pathological, inflammatory, immunological and molecular biological aspects of periradicular disease. *International Endodontic Journal*, 31(5), 311–325. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.1998.00171.x>
- Tepel, J., Schäfer, E., & Hoppe, W. (1995). Root canal instruments for manual use: cutting efficiency and instrumentation of curved canals. *International Endodontic Journal*, 28(2), 68–76. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.1995.tb00161.x>
- Torabinejad, M., Anderson, P., Bader, J., Brown, L. J., Chen, L. H., Goodacre, C. J., Kattadiyil, M. T., Kutsenko, D., Lozada, J., Patel, R., Petersen, F., Puterman, I., & White, S. N. (2007). Outcomes of root canal treatment and restoration, implant-supported single crowns, fixed partial dentures, and extraction without replacement: A systematic review. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 98(4), 285–311. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(07\)60102-4](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(07)60102-4)
- Valois, C. R. A., Silva, L. P., & Azevedo, R. B. (2005). Atomic force microscopy study of stainless-steel and nickel-titanium files. *Journal of Endodontics*, 31(12), 882–885. <https://doi.org/10.1097/01.don.0000164132.27285.2c>
- Versluis, A., Kim, H.-C., Lee, W., Kim, B.-M., & Lee, C.-J. (2012). Flexural Stiffness and Stresses in Nickel-Titanium Rotary Files for Various Pitch and Cross-sectional Geometries. *Journal of Endodontics*, 38(10), 1399–1403. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.06.008>
- Vertucci, F. J. (2005). Root canal morphology and its relationship to endodontic procedures. *Endodontic Topics*, 10(1), 3–29. <https://doi.org/10.1111/j.1601-1546.2005.00129.x>
- Weine, F. (1976). Effect of preparation with endodontic handpieces on original canal shape. *Journal of Endodontics*, 2(10), 298–303. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(76\)80044-1](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(76)80044-1)
- Yu, C., & Abbott, P. (2007). An overview of the dental pulp: its functions and responses to injury. *Australian Dental Journal*, 52(1 SUPPL.), S4–S6. <https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.2007.tb00525.x>
- Zaleckiene, V., Peciuliene, V., Brukiene, V., & Drukteinis, S. (2014). Traumatic dental injuries: etiology, prevalence and possible outcomes. *Stomatologija*, 16(1), 7–14. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24824054>
- Zehnder, M. (2006). Root Canal Irrigants. *Journal of Endodontics*, 32(5), 389–398. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2005.09.014>
- Zinelis, S., Magnissalis, E. A., Margelos, J., & Lambrianidis, T. (2002). Clinical relevance of standardization of endodontic files dimensions according to the ISO 3630-1 specification. *Journal of Endodontics*, 28(5), 367–370. <https://doi.org/10.1097/00004770-200205000-00005>

## Anexos

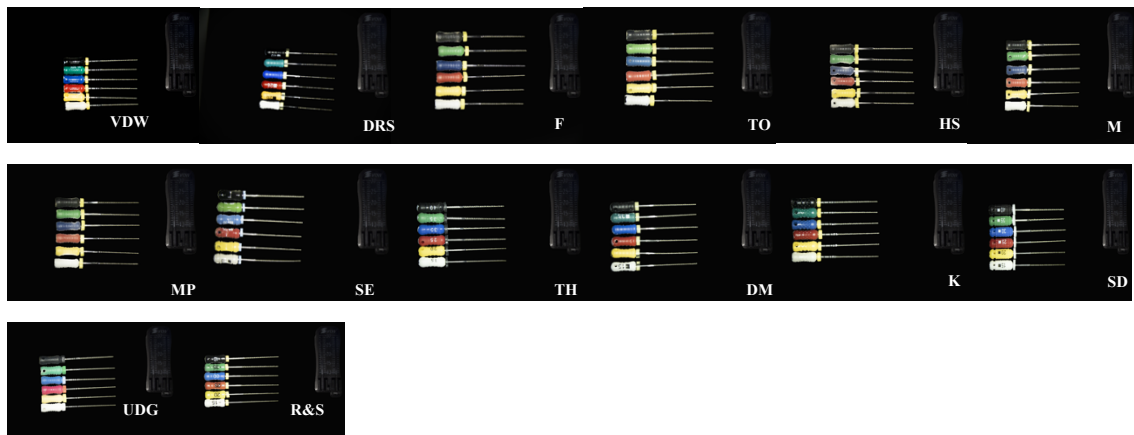
### Anexo 1 – Ampliação 5x das diferentes marcas analisadas.



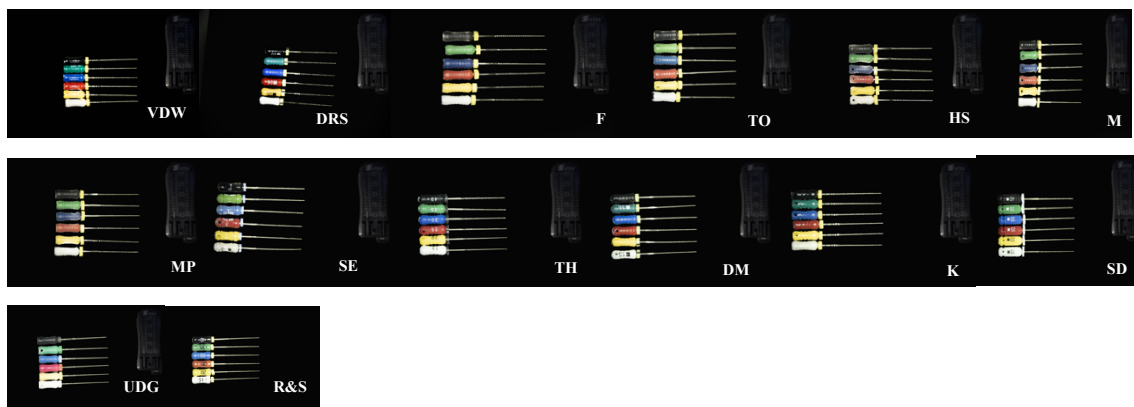
*Estudo comparativo das características microscópicas e macroscópicas entre limas originais e limas de contrafação*



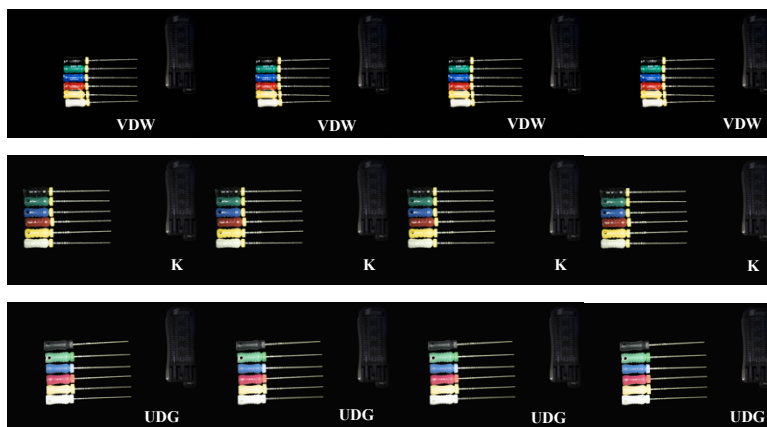
### Anexo 2 – Determinação do comprimento da parte ativa



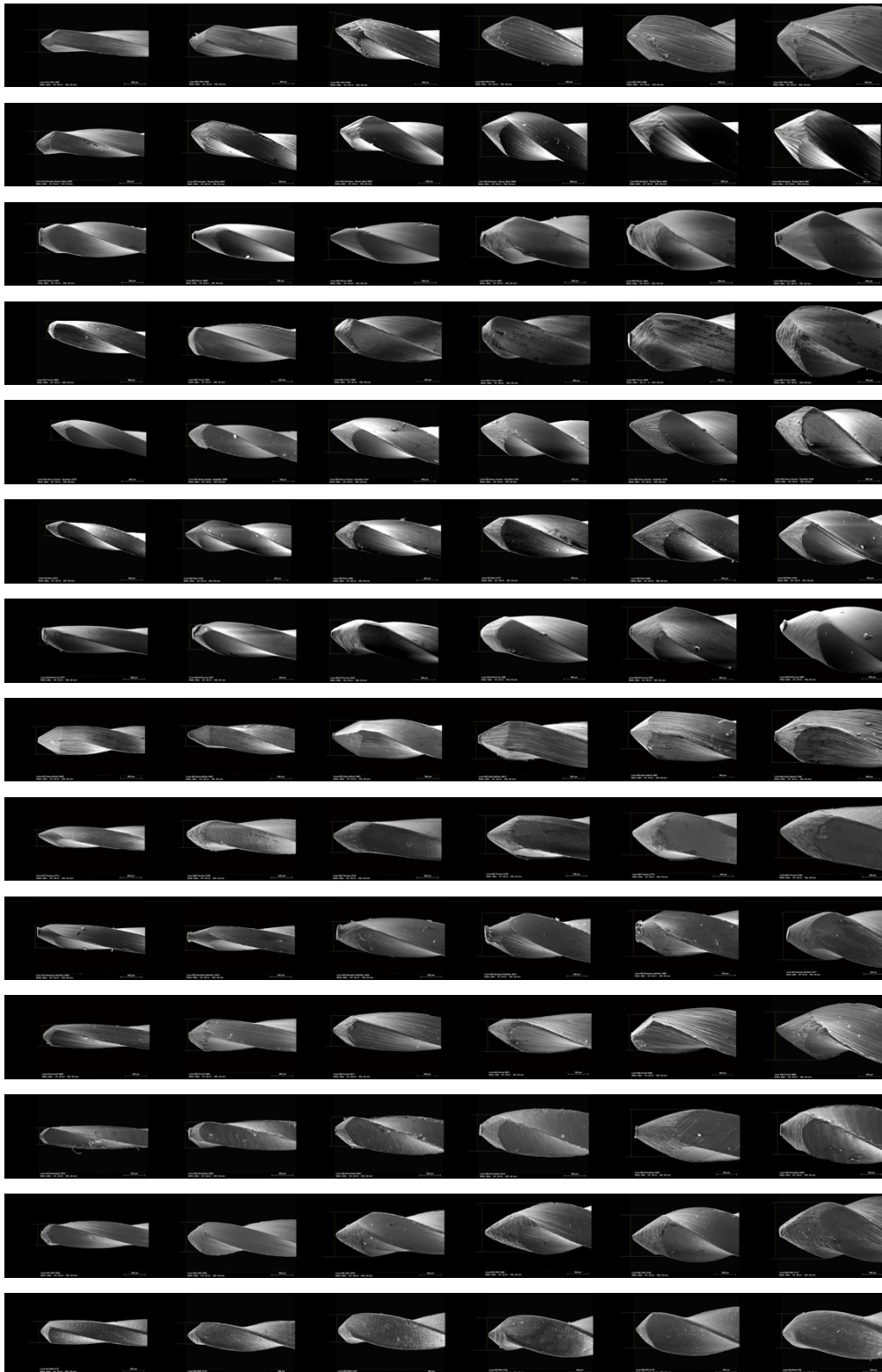
### Anexo 3 – Determinação do comprimento da haste metálica



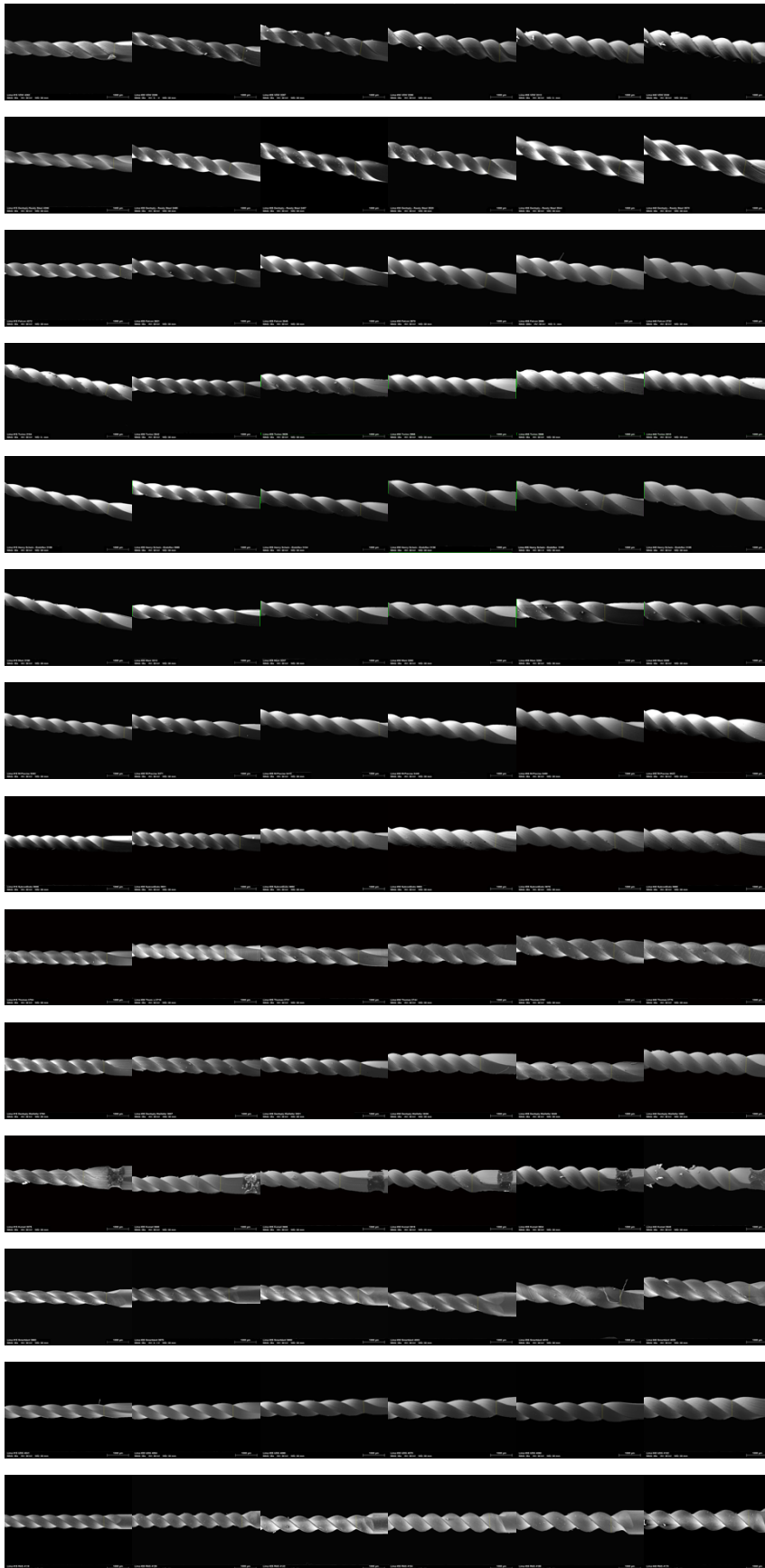
### Anexo 4 – Determinação da distância da ponta aos anéis de calibração



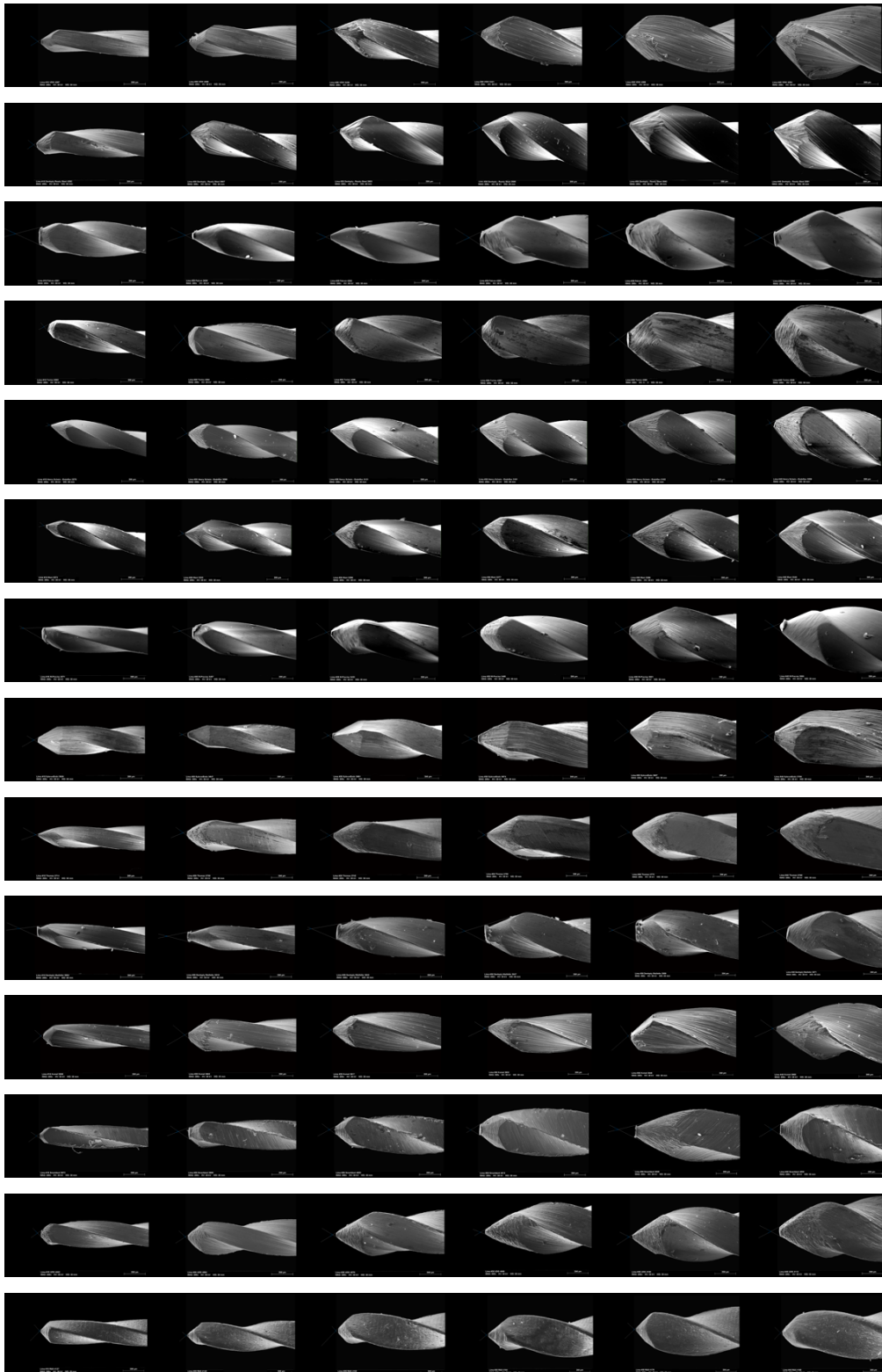
## **Anexo 5 – Determinação do diâmetro da ponta**



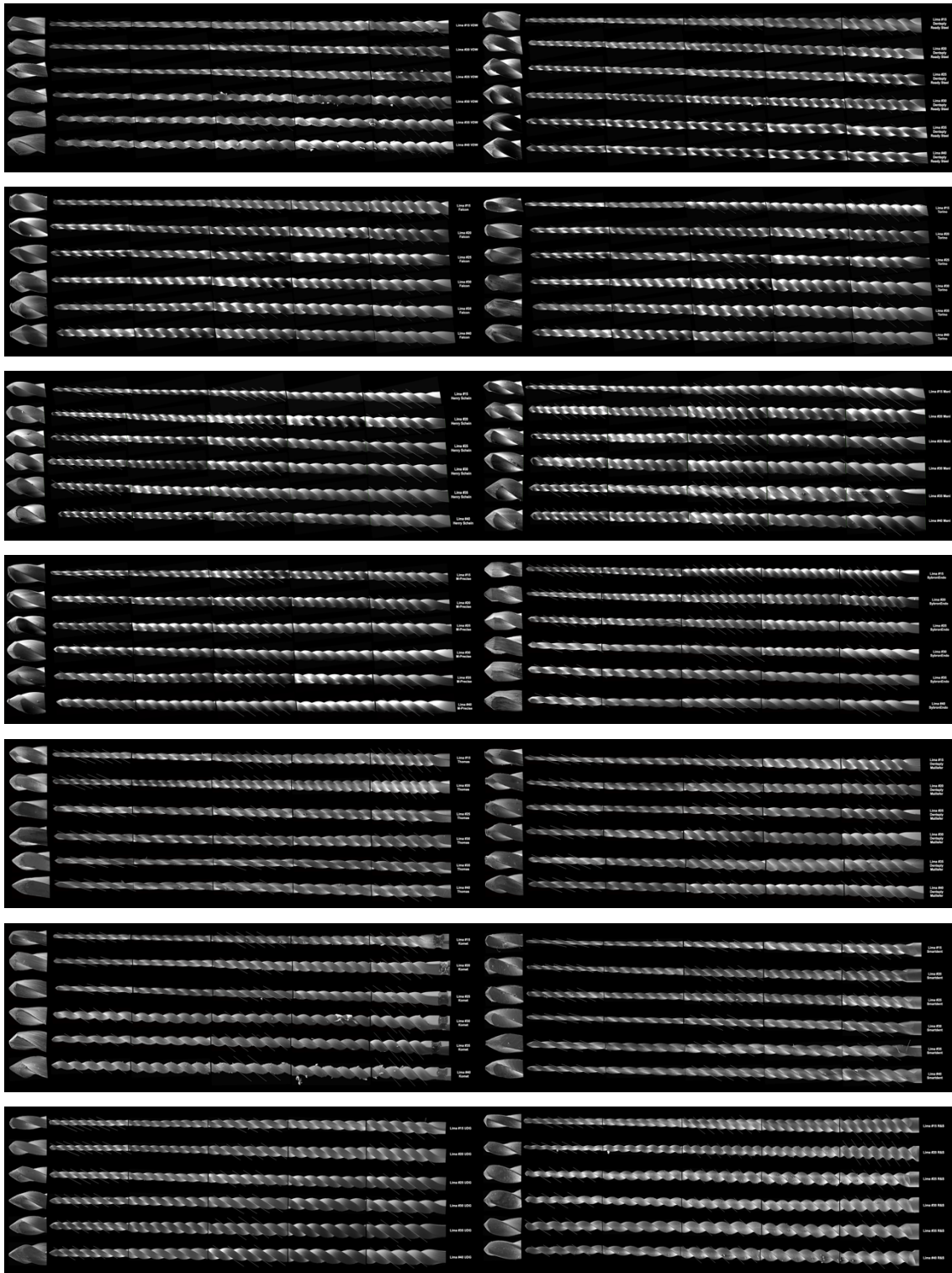
## Anexo 6 – Determinação do diâmetro em d16



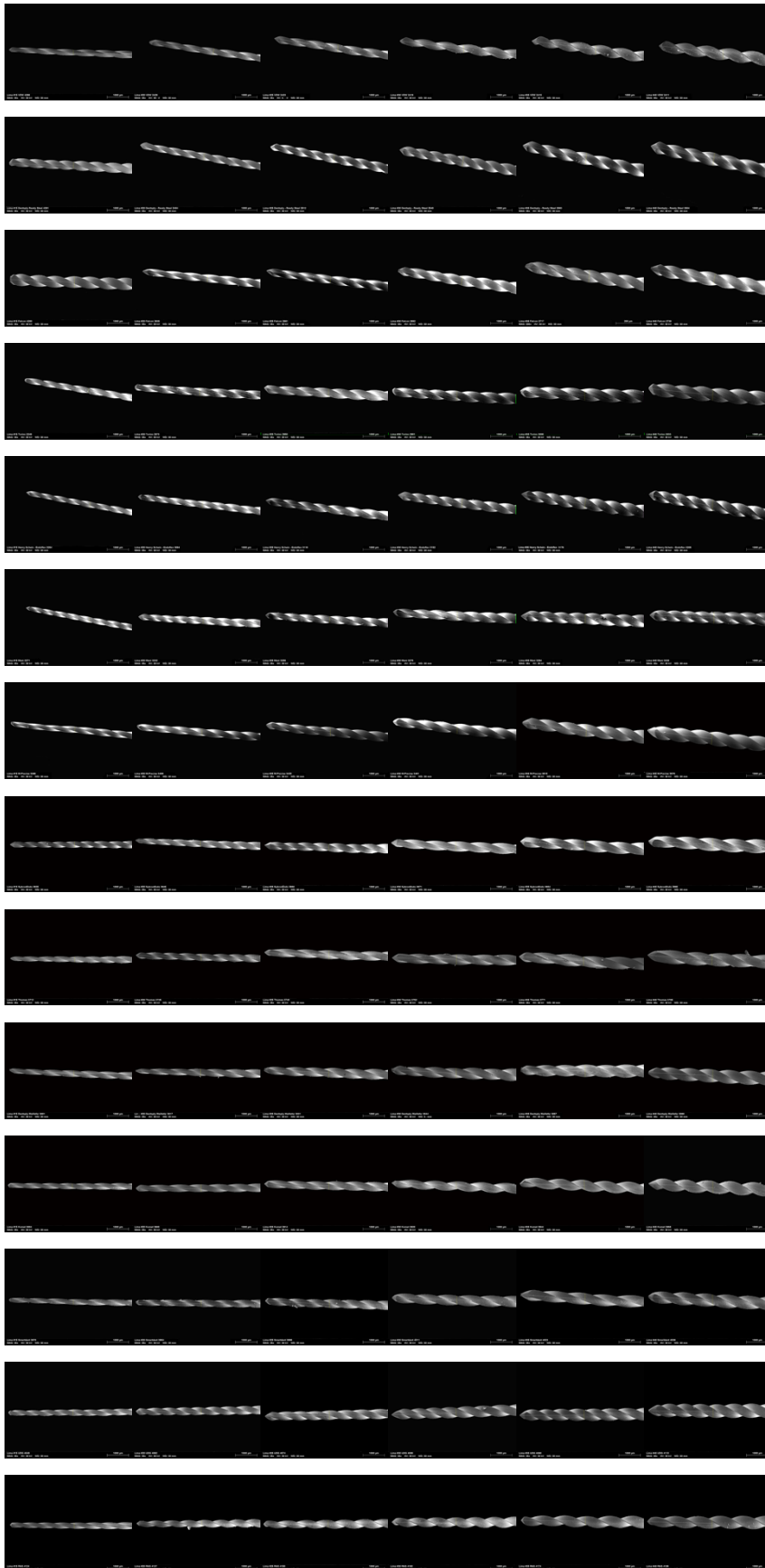
## **Anexo 7 – Determinação do ângulo da ponta**



### Anexo 8 – Design das espiras na parte ativa



## **Anexo 9 – Determinação do diâmetro em d3**



### Anexo 10 – Determinação do ângulo de hélice

