



**INSTITUTO SUPERIOR DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
EGAS MONIZ**

**MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA**

**ESTUDO IN VITRO DAS ALTERAÇÕES DA COR E DA  
RESISTÊNCIA ADESIVA POR MICROTRAÇÃO DE DENTES  
SUJEITOS A BRANQUEAMENTO COM OS NOVOS AGENTES  
SEM PERÓXIDO DE HIDROGÉNIO**

Trabalho submetido por  
**Ana Sofia Xavier de Oliveira**  
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

**junho de 2015**



**INSTITUTO SUPERIOR DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
EGAS MONIZ**

**MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA**

**ESTUDO IN VITRO DAS ALTERAÇÕES DA COR E DA  
RESISTÊNCIA ADESIVA POR MICROTRAÇÃO DE DENTES  
SUJEITOS A BRANQUEAMENTO COM OS NOVOS AGENTES  
SEM PERÓXIDO DE HIDROGÉNIO**

Trabalho submetido por  
**Ana Sofia Xavier de Oliveira**  
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalho orientado por  
**Prof. Doutor Mário Polido**

**junho de 2015**



## **AGRADECIMENTOS**

Ao Professor Doutor Mário Polido, meu orientador, por todo o apoio, disponibilidade e dedicação durante o desenvolvimento deste projeto. Sem a sua presença, não teria sido possível.

Ao Professor Doutor José Brito, pela sua ajuda na análise estatística e no tratamento de dados.

A todos os Professores do ISCSEM, pela sua contribuição ao longo do meu percurso académico, pelo conhecimento e pelos valores que me inculcaram.

Aos meus pais, em especial à minha mãe, pelo carinho, pelas oportunidades que me proporcionaram e pelo seu amor incondicional.

Ao meu avô Manuel Jorge, meu guia e meu eterno amigo.

A toda a minha restante família, pela dedicação e pelos conselhos que me fizeram crescer e tornar-me a pessoa que sou hoje.

Ao Pedro Rodrigues, pelo afeto, pela cumplicidade, pela paciência e pelo enorme apoio que sempre me dedicou ao longo destes anos.

À Mafalda Rodrigues, pela disponibilidade e ajuda constantes, por todo o incentivo e amizade.

A todos os meus amigos de faculdade, pelos momentos únicos que vivemos, pelas memórias que partilhamos e pelo encorajamento nas fases mais difíceis destes cinco anos de curso.

## RESUMO

Objetivos: Avaliar a cor e a resistência adesiva ao esmalte por microtração, em dentes submetidos a branqueamento com agentes com e sem peróxido de hidrogénio.

Materiais e Métodos: 20 molares humanos foram seccionados longitudinalmente, obtendo um total de 40 fragmentos. Estes foram distribuídos aleatoriamente por dois grupos (n=20), consoante o gel de branqueamento aplicado: Grupo PH – gel de peróxido de hidrogénio a 6%, *White Class 6%* (FGM); Grupo SPH – gel sem peróxido de hidrogénio, *beconfi<sup>®</sup>Dent Peroxide Free* (beconfi<sup>®</sup>Dent). Os géis foram aplicados uma vez por dia, durante 15 e 10 dias, nos grupos PH e SPH, respetivamente. A avaliação da cor foi feita com o *Spectroshade Micro Óptic* e a escala CIE L\*a\*b\*, antes e depois do tratamento com os géis. A avaliação da resistência adesiva ao esmalte foi feita através do teste de microtração. Assim, 5 amostras de cada grupo foram preparadas e restauradas com o sistema adesivo *Optibond<sup>™</sup> FL* e com a resina composta *Filtek<sup>™</sup> Z250*, nesta ordem. Após 24 horas, procedeu-se à formação de palitos, com 1 mm<sup>2</sup> de área aproximadamente, introduzidos depois na máquina de testes universal, programada para aplicar uma carga de tração à velocidade de 0.5 mm/min. Os dados recolhidos foram analisados com um programa estatístico adequado.

Resultados: Após o branqueamento, o grupo PH registou um valor médio de L\* significativamente superior (p<0.001) ao grupo SPH. As coordenadas a\* e b\*, no grupo PH, apresentaram-se significativamente inferiores (p<0.001), em comparação ao grupo SPH. Na resistência à tração, o grupo PH e SPH revelaram diferenças significativas (p=0.021), com a mediana expressivamente mais elevada no grupo SPH.

Conclusões: Há alterações na cor e na resistência adesiva entre dentes sujeitos a branqueamento com e sem peróxido de hidrogénio.

Palavras- Chave: Branqueamento, esmalte, cor, resistência adesiva, peróxido de hidrogénio, sem peróxido de hidrogénio.

## ABSTRACT

**Objective:** To assess the color and the bond strength to the tooth enamel by microtensile on teeth submitted to bleaching agents with and without hydrogen peroxide.

**Materials and Methods:** 20 human molars were sectioned longitudinally, obtaining a total of 40 fragments. These were randomized into two groups (n = 20) depending on the bleaching gel applied: PH Group - 6% hydrogen peroxide gel, *White Class 6%* (FGM); SPH group - without hydrogen peroxide gel, *beconfi®Dent Peroxide Free* (beconfi®Dent). Gels were applied once a day for 15 and for 10 days, and the PH SPH groups, respectively. The color evaluation was performed with the *Spectroshade Micro Optic* and the scale CIE L \* a \* b \* before and after treatment with gels. The evaluation of the bond strength to the enamel was made by microtensile test. Thus, 5 samples from each group were prepared in the following order, restored with adhesive system *Optibond™ FL* and then with composite resin *Filtek™ Z250*. After 24 hours, formation of sticks proceeded, with an area of about 1 mm<sup>2</sup>, then introduced into a universal testing machine, programmed to apply a tensile load at a speed of 0.5mm/min. The collected data were analyzed with a suitable statistical program.

**Results:** After bleaching, the PH group recorded an average value of L \* significantly higher (p <0.001) the SPH group. The coordinates a \* and b \* in the PH group were significantly lower (p <0.001) compared to the SPH group. The tensile strength, the PH and SPH group revealed significant differences (p = 0.021), with a significantly higher median in the SPH group.

**Conclusions:** There is change in color and adhesive strength between teeth subject to bleaching with and without hydrogen peroxide.

**Key-words:** bleaching, enamel, color, adhesive strength, hydrogen peroxide, hydrogen peroxide free.

## ÍNDICE

<b>I. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
<b>1. Dente.....</b>	<b>14</b>
1.1.Esmalte .....	14
1.1.1.Composição química do esmalte: .....	14
1.1.2.Organização estrutural do esmalte .....	15
1.1.2.1.Prismas de esmalte.....	15
1.1.2.2.Substância interprismática .....	16
1.1.2.3.Báinhas prismáticas .....	16
1.1.3.Propriedades físicas do esmalte .....	16
1.1.4.Propriedades mecânicas do esmalte.....	17
1.1.5.Superfície e permeabilidade do esmalte .....	18
<b>2. Cor .....</b>	<b>19</b>
2.1.Definição de cor.....	19
2.2.Descrição da cor .....	19
2.2.1.Matiz .....	19
2.2.2.Valor .....	19
2.2.3.Croma .....	20
2.2.4.Sistema ordenado de cor de Munsell .....	20
2.3.Cor e as propriedades óticas da luz.....	21
2.3.1.Transparência.....	21
2.3.2.Opacidade .....	21
2.3.3.Translucidez.....	21
2.3.4.Fluorescência .....	22
2.3.5.Opalescência .....	22
2.4.Cor e metamerismo .....	22
2.5.Medição da cor .....	23
2.5.1.Técnica visual .....	23
2.5.2.Técnica instrumental.....	23
2.5.2.1.Câmaras digitais e sistemas de imagem.....	24
2.5.2.2.Colorímetros .....	24
2.5.2.3.Espectrofotômetros .....	25

2.5.2.4.Escala CIE L*a*b*	26
<b>3. Branqueamento</b>	<b>27</b>
3.1.Pigmentação dentária	27
3.1.1.Pigmentação extrínseca	27
3.1.2.Pigmentação intrínseca	28
3.2.Definição de branqueamento	28
3.2.1.Indicações do branqueamento	29
3.2.2.Contraindicações e reservas do branqueamento	29
3.2.3.Composição dos produtos de branqueamento	29
3.2.4.Modo de ação	30
3.2.5.Técnicas de branqueamento	31
3.2.5.1.Branqueamento de dentes vitais	31
3.2.5.1.1. Em consultório	32
3.2.5.1.2. Em ambulatório	32
3.2.5.1.3. Comparação entre branqueamento em consultório e em ambulatório	33
3.2.5.1.4. Técnica combinada	34
3.2.5.1.5. Produtos de venda livre (OTC)	35
3.2.6.Fatores que influenciam o branqueamento	35
3.2.6.1.Profilaxia do esmalte	36
3.2.6.2.Concentração do peróxido de hidrogénio	36
3.2.6.3.Temperatura	36
3.2.6.4.pH	37
3.2.6.5.Tempo de contacto	37
3.2.6.6.Aditivos	37
3.2.7.Efeitos adversos do branqueamento	38
3.2.7.1.Sensibilidade dentária	38
3.2.7.2.Irritação gengival	39
3.2.8.Efeitos do branqueamento no esmalte	39
3.2.9.Efeito do branqueamento na adesão ao esmalte	41
3.2.10.Efeitos do branqueamento nas restaurações	41
3.2.11.Branqueamento sem peróxido de hidrogénio	41



<b>4. Adesão .....</b>	<b>42</b>
4.1. Conceitos de adesão .....	42
4.2. Adesão dentária .....	42
4.2.1. Mecanismos de adesão dentária.....	43
4.2.2. Fatores que condicionam a adesão dentária.....	43
4.2.2.1. Contato entre o substrato e o adesivo .....	43
4.2.2.2. Limpeza da superfície do substrato .....	43
4.2.2.3. Rugosidade superficial do substrato .....	43
4.2.2.4. Viscosidade do adesivo.....	44
4.2.2.5. Alteração dimensional do adesivo .....	44
4.2.3. Sucessos e insucessos na adesão dentária.....	44
4.3. Adesão ao esmalte .....	45
4.4. Sistemas adesivos .....	45
4.4.1. Sistemas adesivos <i>Etch and Rinse</i> .....	46
4.4.2. Sistemas adesivos <i>Self-Etch</i> .....	47
4.5.1. Teste da microtração .....	48
4.5.1.1. Fatores que influenciam o teste $\mu$ TBS.....	48
4.5.1.2. Vantagens do uso do teste $\mu$ TBS .....	49
4.5.1.3. Desvantagens e limitações do teste $\mu$ TBS .....	49
<b>5. Relevância clínica do estudo .....</b>	<b>50</b>
<b>II. OBJETIVOS .....</b>	<b>51</b>
<b>Hipóteses de Estudo.....</b>	<b>51</b>
<b>III. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>52</b>
<b>1. Teste da microtração .....</b>	<b>64</b>
<b>IV. RESULTADOS.....</b>	<b>68</b>
<b>1. Cor .....</b>	<b>68</b>
1.1. Parâmetro L* .....	68
1.2. Parâmetro a* .....	69
1.3. Parâmetro b* .....	70

<b>2. Resistência adesiva ao esmalte por microtração .....</b>	<b>71</b>
2.1.Fraturas adesivas.....	71
2.2.Tipos de fraturas ocorridas nos grupos PH e SPH.....	72
<b>3. Análise estatística da cor e da resistência adesiva ao esmalte por microtração.....</b>	<b>73</b>
<b>V. DISCUSSÃO.....</b>	<b>74</b>
<b>VI. CONCLUSÃO .....</b>	<b>81</b>
<b>VII. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>82</b>
<b>VIII. ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Sistema Ordenado de Cor de Munsell .....	20
<b>Figura 2</b> - Spectroshade Micro Óptic .....	26
<b>Figura 3</b> - Remoção do tecido orgânico dentário com uma cureta.....	52
<b>Figura 4</b> - a) Fixação do dente no bloco com cera; b) Dente fixo no bloco .....	53
<b>Figura 5</b> - a) Micrótomo de tecidos duros Struers Accutom-50; b) Bloco corretamente posicionado para execução do corte; .....	53
<b>Figura 6</b> - a) Corte único no sentido vestibulo-lingual do dente; b) Dente seccionado no sentido vestibulo-lingual, em metades idênticas, com as faces mesial e distal intactas; 53	
<b>Figura 7</b> - a) Dente aberto com exposição da câmara pulpar; b) Remoção do tecido do interior da câmara pulpar com uma cureta; c) Selamento do espaço da câmara pulpar com cola de cianocrilato; d) Dente devidamente selado. ....	54
<b>Figura 8</b> - Espectrofotômetro, <i>Spectroshade Micro Óptic</i> (MTH).....	54
<b>Figura 9</b> - a) Base de silicone adaptada ao frasco; b) Frasco com condições semelhantes à da cavidade oral; c) Conjunto base de silicone, frasco e amostra, no interior da caixa preta; d) Calibração do <i>Spectroshade Micro Optic</i> . ....	55
<b>Figura 10</b> - Presença da linha verde na medição da cor da amostra. ....	56
<b>Figura 11</b> - Dados da cor inicial da amostra no sistema CIE L*a*b*. ....	56
<b>Figura 12</b> - a) Gel de branqueamento <i>White Class 6%</i> (FGM, Joinville SC, Brasil), com peróxido de hidrogénio a 6%; b) Gel de branqueamento <i>beconfi<sup>®</sup>Dent Peroxide Free</i> (beconfi <sup>®</sup> Dent, Helsingborg, Suécia), sem peróxido de hidrogénio. ....	57
<b>Figura 13</b> - Processo de Branqueamento das amostras dos Grupos PH e SPH.....	59
<b>Figura 14</b> - Amostras guardadas em saliva artificial na estufa (Memmert INE 400, Memmert, Alemanha) a 37°C. ....	59
<b>Figura 15</b> - Cinco amostras seleccionadas para preparação para o estudo da resistência adesiva ao esmalte por microtração.....	60
<b>Figura 16</b> - a) Simulação da camada de <i>smearlayer</i> na polidora, com uma lixa SiC de grão 600; b) Condicionamento ácido da superfície a restaurar; c) Lavagem da superfície; d) Secagem superfície.....	63
<b>Figura 17</b> - a) Aplicação do <i>primer</i> ; b) Secagem da superfície; c) Aplicação do <i>bond</i> ; d) Secagem da superfície; e) Fotopolimerização da superfície; f) Dente preparado com o sistema adesivo <i>Optibond<sup>™</sup> FL</i> . ....	63

<b>Figura 18</b> - a) Aplicação da resina composta na superfície anteriormente preparada com o sistema adesivo <i>Optibond™ FL</i> ; b) Fotopolimerização dos incrementos de resina; c) Dente preparado para o teste da microtração; d) Cinco amostras preparadas para o estudo da resistência adesiva ao esmalte por microtração.....	64
<b>Figura 19</b> - Dente sujeito a cortes múltiplos, distanciados entre si $1 \pm 0,3 \text{ mm}^2$ , na direção y (a) e na direção x (b). .....	65
<b>Figura 20</b> - Palitos de esmalte e resina composta.....	65
<b>Figura 21</b> - Medição de um palito, na zona da interface esmalte/resina, no sentido x e y, com uma craveira digital. ....	66
<b>Figura 22</b> - Palito fixo no jig através de cola de cianocrilato <i>Zapit</i> (Dental Ventures of America, Corona, CA, EUA). ....	66
<b>Figura 23</b> - Máquina de testes universal (Shimadzu Autograph AG-IS, Tokyo, Japão). .....	66
<b>Figura 24</b> - Jig colocado na máquina de testes universal para execução do teste da microtração. ....	66
<b>Figura 25</b> - Gráfico das médias do parâmetro $L^*$ , nos grupos PH e SPH, antes e após o tratamento com os géis de branqueamento.....	68
<b>Figura 26</b> - Gráfico da evolução da média do parâmetro $L^*$ , nos grupos PH e SPH, durante o tratamento com os géis de branqueamento.....	69
<b>Figura 27</b> - Gráfico das médias do parâmetro $a^*$ , nos grupos PH e SPH, antes e após o tratamento com os géis de branqueamento.....	69
<b>Figura 28</b> - Gráfico da evolução da média do parâmetro $a^*$ , nos grupos PH e SPH, durante o tratamento com os géis de branqueamento.....	70
<b>Figura 29</b> - Gráfico das médias do parâmetro $b^*$ , nos grupos PH e SPH, antes e após o tratamento com os géis de branqueamento.....	70
<b>Figura 30</b> - Gráfico da evolução da média do parâmetro $b^*$ , nos grupos PH e SPH, durante o tratamento com os géis de branqueamento.....	71
<b>Figura 31</b> - Gráfico do tipo de fraturas ocorridas no grupo PH.....	72
<b>Figura 32</b> - Gráfico do tipo de fraturas ocorridas no grupo SPH .....	72

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Grupo, fabricante, composição química e lote dos géis de branqueamento White Class 6% (FGM) e <i>beconfi<sup>®</sup>Dent Peroxide Free</i> (beconfi <sup>®</sup> Dent). .....	57
<b>Tabela 2</b> - Instruções do fabricante referentes aos géis de branqueamento <i>White Class 6%</i> (FGM) e <i>beconfi<sup>®</sup>Dent Peroxide Free</i> (beconfi <sup>®</sup> Dent). .....	58
<b>Tabela 3</b> - Fabricante, composição química e lote dos produtos utilizados: <i>Scotchbond etchant</i> , <i>Optibond<sup>™</sup> Fl</i> e <i>Filtek<sup>™</sup> Z250</i> . .....	61
<b>Tabela 4</b> - Instruções do fabricante referentes aos produtos <i>Scotchbond etchant</i> (3M ESPE), <i>Optibond<sup>™</sup> FL</i> (Kerr) e <i>Filtek<sup>™</sup> Z250</i> (3M ESPE). .....	62
<b>Tabela 5</b> - Registo da média e do desvio padrão do L*, a* e b* e das suas variações, nas amostras dos grupos PH e SPH. ....	68
<b>Tabela 6</b> - Registo da média, do desvio padrão e do número de palitos de cada grupo	71

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

**ISCSEM** – Instituto Superior de Ciências da Saúde Egas Moniz

**PH** – Peróxido de Hidrogénio

**SPH** – Sem Peróxido de Hidrogénio

**ISO** – Internacional Organization for Standartization

**LED** – Light Emitting Diode

**ADA** – American Dental Association

**FDA** – U.S. Food and Drug Administration

**SEM** – Scanning Electron Microscopy

## **I. INTRODUÇÃO**

### **1. Dente**

O dente apresenta uma estrutura composta por uma coroa, uma constrição ou colo e uma ou mais raízes, firmemente fixadas no alvéolo dentário. A coroa é coberta por esmalte, um tecido duro e acelular e as raízes por cimento. O dente é, ainda, constituído pela dentina e pela cavidade pulpar. Esta última aloja a polpa dentária, altamente vascularizada e inervada, um tecido conetivo mesenquimal laxo com fibras de colagénio, fibroblastos e células mesenquimatosas. Finalmente, o ligamento periodontal compreende o tecido conetivo fibroso que permite a inserção das fibras de colagénio no cimento e no osso alveolar (Mescher, 2013; Nanci, 2013).

#### **1.1. Esmalte**

O esmalte constitui o tecido mais mineralizado do corpo humano (Nanci, 2013), conferindo a forma, a dureza e a durabilidade à superfície dentária bem como a proteção à dentina e à polpa (Hilton et al., 2013).

##### **1.1.1. Composição química do esmalte:**

Quimicamente, o esmalte tem uma estrutura cristalina altamente mineralizada. A hidroxiapatite, na forma de rede cristalina, representa o maior constituinte mineral, ocupando cerca de 96% do peso e 90-92% do volume do tecido. Outros minerais e oligoelementos, proteínas da matriz orgânica e água estão presentes em menores quantidades (Heymann et al., 2013; Nanci, 2013).

A unidade de hidroxiapatite constitui um fosfato de cálcio cristalino no estado impuro devido a trocas iónicas na sua fórmula básica  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$  (Nanci, 2013). Estas variações correspondem à substituição do fosfato pelo carbonato, do cálcio pelo magnésio e do hidroxilo pelo fluoreto. Outros iões como o cloreto, o chumbo, o zinco, o sódio, o estrôncio e o alumínio podem também incorporar a unidade (Berkovits et al., 2009). As unidades de hidroxiapatite empilham-se em camadas sobrepostas, gerando cristais que, por sua vez, se organizam de forma compacta e longa, originando a rede cristalina. Estes possuem uma forma hexagonal, não totalmente regular, devido à pressão exercida pelo apinhamento, aquando da maturação do esmalte, medindo entre 60 a 70µm de largura e 25 a 30µm de espessura (Nanci, 2013).

A matriz orgânica ocupa apenas 1% a 2% do peso e do volume do esmalte, contendo um reduzido componente lipídico, sendo os constituintes principais as proteínas das quais se destacam as amelogeninas e as ameloblastinas (Berkovits et al., 2009, Ghadimi et al., 2013).

A água constitui 2% do peso do esmalte, correspondendo a 4% a 12% do seu volume (Berkovits et al., 2009, Heymann et al., 2013). Esta encontra-se entre os cristais, na camada de hidratação que os cobre, nos defeitos da estrutura cristalina e a rodear o material orgânico (Berkovits et al., 2009).

### **1.1.2. Organização estrutural do esmalte**

Relativamente à sua estrutura, é composto por prismas de esmalte, o componente mais abundante, por substância interprismática e por bainhas prismáticas (Heymann et al., 2013).

#### **1.1.2.1. Prismas de esmalte**

O esmalte está organizado em milhões de prismas que, por sua vez, são constituídos por milhões de cristais de hidroxiapatite. Os primeiros encontram-se densamente empilhados em forma de barra ou coluna mais ou menos cilíndrica, com um diâmetro de 4µm perto dos limites dentinários e 8µm junto da superfície do esmalte. Estes percorrem um trajeto irregular desde a junção amelo-dentinária até a alguns micrómeros antes da superfície do dente, sendo que a última camada corresponde ao esmalte aprismático, depositado no início da amelogénese. Em geral, os prismas estão alinhados perpendicularmente à junção amelo-dentinária e à superfície do dente, à exceção da região cervical onde se encontram orientados para fora, numa direção ligeiramente apical (Heymann et al., 2013).

Transversalmente, cada prisma apresenta a forma de uma fechadura com uma porção superior arredondada de 5µm de largura e uma porção inferior de 5µm de comprimento. Geralmente, a primeira encontra-se orientada para incisal ou oclusal, possui o longo eixo dos cristais alinhado paralelamente ao do prisma e situa-se entre os fragmentos inferiores dos dois prismas adjacentes. Por outro lado, os cristais da fração inferior orientam-se para cervical, apresentando uma inclinação superior a 65° em relação ao longo eixo do prisma (Heymann et al., 2013).



### **1.1.2.2. Substância interprismática**

A substância interprismática está localizada entre os prismas. Esta contém uma composição cristalina semelhante aos últimos, com um desvio de aproximadamente 60 graus na orientação dos seus cristais, originando, conseqüentemente, um efeito ótico diferente e propriedades mecânicas importantes (Berkovits et al., 2009).

### **1.1.2.3. Baínhas prismáticas**

As baínhas prismáticas representam espaços estreitos, preenchidos por matéria orgânica que se estendem por três quartos de cada prisma, separando-os da substância interprismática. No quarto de prisma restante, na porção circunferencial do mesmo, os cristais prismáticos convergem com os interprismáticos, formando-se, conseqüentemente, um istmo de confluência de cristais (Hilton et al., 2013).

### **1.1.3. Propriedades físicas do esmalte**

As propriedades físicas como a cor e a percepção são importantes e baseiam-se nas leis da ótica, ou seja, na ciência que lida com os fenômenos da luz, da visão e da vista (Anusavice et al., 2013). A cor corresponde ao efeito visual desencadeado pela interação entre a fonte de luz, o objeto transmissor, refletor ou absorvente e o observador (Sarafianou et al., 2012). A forma de propagação da luz determina a opacidade, a translucidez ou a transparência do material (Anusavice et al., 2013). Assim, ao atingir o esmalte, a luz é refletida, absorvida, transmitida e refratada (Anusavice et al., 2013). Este tecido possui um índice refrativo de 1.65, sendo considerado birrefringente pela formação de índices de refração diferentes em direções distintas (Berkovits et al., 2009). Apresenta-se ainda como um material translúcido (Anusavice et al., 2013), estando o seu grau de translucidez diretamente relacionado com o grau de mineralização (Hilton et al., 2013).

O esmalte possui uma cor variável, dependendo da sua espessura e da cor da dentina subjacente, sendo que a primeira resulta de fatores como o indivíduo, a localização do dente e a área da superfície dentária. Assim, a espessura diminui dos dentes posteriores para os anteriores e das áreas sujeitas a maior desgaste (cúspides e bordos incisais) para as fissuras oclusais, cíngulos e zona cervical (Heymann et al., 2013; Hilton et al., 2013). Nas regiões mais finas é notável uma coloração amarelada devido à grande visibilidade da dentina (Nanci, 2013). Por outro lado, o aumento da

idade influencia igualmente a tonalidade do esmalte, uma vez que este se encontra escurecido pela maior translucidez e menor densidade do tecido, pela formação de dentina secundária e, ainda, pela acumulação de pigmentos (Berkovits et al., 2009).

Em conclusão, as propriedades óticas do dente resultam da refletância da luz da dentina através da camada de esmalte translúcido, isto é, da proporção do fluxo de luz incidente e refletida pelos dois tecidos (Ma et al., 2011). Em resultado, a eficácia de tratamentos como o branqueamento dentário são influenciados pelas propriedades físicas do esmalte (Ma et al., 2011).

#### **1.1.4. Propriedades mecânicas do esmalte**

As propriedades mecânicas do esmalte são definidas pelas leis da mecânica, ou seja, pela ciência física relativa às forças que atuam num corpo e que resultam no seu movimento, deformação ou *stress* (Anusavice et al., 2013). Assim, as propriedades mecânicas mais relevantes são o módulo de elasticidade, a dureza e a tenacidade à fratura (Anusavice et al., 2013).

O módulo de elasticidade, também conhecido como Módulo de Young, é uma medida utilizada para calcular a rigidez relativa do material (Zhang et al., 2014), consistindo na razão entre a tensão elástica e a deformação elástica (Anusavice et al., 2013). Na literatura, o módulo de elasticidade do esmalte surge descrito com valores aproximados de 70 a 120 GPa (Park et al., 2008; Bajaj & Arola, 2009; An et al., 2012). Por sua vez, a dureza determina a capacidade do material em resistir à deformação elástica, à deformação plástica e, finalmente, à fratura local (Zhang et al., 2014). Alguns estudos indicam intervalos de dureza, no esmalte, entre os 3GPa e os 6GPa (Park et al., 2008; Bajaj & Arola, 2009).

As variáveis referidas dependem da localização, da composição química e dos padrões de arranjo dos prismas de esmalte, sendo que a dureza máxima se situa à superfície e vai diminuindo gradualmente com a profundidade, atingindo um valor mínimo estável a 100-600µm da junção amelo-dentinária (JAD). O módulo de elasticidade sofre igualmente uma redução progressiva em direção à JAD. Ambas as medidas estão correlacionadas com a quantidade de cálcio no esmalte, com a direção dos prismas e com a posição no interior dos últimos (Zhang et al., 2014).

A resistência à fratura indica a capacidade de absorver a energia elástica e de sofrer deformação plástica sem fraturar, sendo calculada através da área total sob a curva de tensão/deformação (Anusavice et al., 2013). Alguns autores advogam que os valores de resistência à fratura do esmalte se situam entre os 0,6 e os 1,5 MPa (Park et al., 2008).

Finalmente, as propriedades mecânicas do esmalte anteriormente mencionadas relacionam-se com o seu carácter anisotrópico, não sendo constantes pois variam consoante a direção (Zhang et al., 2014).

### **1.1.5. Superfície e permeabilidade do esmalte**

A superfície do esmalte é, talvez, a região mais importante a nível clínico. Esta difere do tecido subjacente física e quimicamente, sendo a primeira mais dura, mineralizada e radiopaca, mas menos porosa e menos solúvel (Berkovits et al., 2009).

A superfície do esmalte é composta por uma rede de microporos que se prolonga em microcanais, promovendo uma conexão dinâmica entre a cavidade oral, os fluidos tubulares dentinários e o espaço intersticial pulpar. Deste modo, vários fluidos, iões e substâncias com baixo peso molecular podem difundir-se através do esmalte semipermeável (Hilton et al., 2013). Trata-se de um processo seletivo já que a maioria dos microporos superficiais é apenas acessível a moléculas de reduzida dimensão como as da água, cingindo, desta forma, as moléculas de largura superior aos microporos, distribuídos nos limites prismáticos (Berkovits et al., 2009). Este fator restritivo torna-se relevante na prevenção, no controlo da formação e na propagação da cárie dentária (Berkovits et al., 2009).

Em suma, a presença de uma rede de microporos favorece não só a extensão da dinâmica da desmineralização ácida, da reprecipitação e da remineralização como também facilita a difusão do peróxido de hidrogénio, usado no branqueamento dentário, para além dos limites da superfície do esmalte (Hilton et al., 2013). Segundo a evidência científica, esta permeabilidade diminui com a idade, podendo ser afetada pelos procedimentos anteriormente referidos e pela remoção física da camada externa de esmalte (Hilton et al., 2013). Por outro lado, a exposição permanente e a inclusão continuada de elementos do meio oral para a estrutura mineral do dente intensifica a sua coloração e altera a resistência à desmineralização (Hilton et al., 2013).

## **2. Cor**

### **2.1. Definição de cor**

A cor consiste numa sensação psicofísica e depende da fonte de luz visível, do objeto refletor ou transmissor e do observador (Corcodel et al., 2010; Sarafianou et al., 2012; Hilton et al., 2013). O processo inicia-se com a emissão de luz por uma fonte externa. Esta luz define-se por radiação eletromagnética, detetável ao olho humano, com comprimentos de onda entre os 400nm e os 700nm (Sikri, 2010; Anusavice et al., 2013). É ainda policromática, conhecida por luz branca e, quando incidida num objeto, poderá ser seletivamente absorvida e/ou dispersa, sendo esta última, conseqüentemente, transmitida ou refletida. Por sua vez, a luz refletida será captada pelos cones da retina do observador e convertida em impulsos nervosos, conduzidos ao cérebro de forma a gerar a perceção psicofisiológica da cor (Anusavice et al., 2013).

### **2.2. Descrição da cor**

A cor é, geralmente, descrita segundo o Sistema de Munsell através da matiz, do valor e do croma (Shammas & Alla, 2011) que a distinguem quanto à sua família, à luminosidade e ao grau de saturação, respetivamente (Sikri, 2010). Estas medidas não são aleatórias, sendo determinado, primeiramente, o valor, seguido do croma e, por último, a matiz (Sikri, 2010).

#### **2.2.1. Matiz**

A matiz corresponde à cor principal de um objeto, referindo-se aos comprimentos de onda dominantes, presentes na distribuição espectral visível (Sikri, 2010; Anusavice et al., 2013; Sinmazisik et al., 2014). A partir deste conceito, Munsell salienta 10 famílias de matizes, a saber: R (vermelho), YR (amarelo-vermelho), Y (amarelo), GY (verde-amarelo), G (verde), BG (azul-verde), B (azul) PB (púrpura-azul), P (púrpura) e, finalmente, RP (vermelho-púrpura) (Goodacre & Sagel, 2011).

#### **2.2.2. Valor**

O valor ou brilho consiste na porção de luz emitida pelo objeto, sendo descrito por Munsell como a escala cinza (Sikri, 2010; Sinmazisik et al., 2014). Esta é composta por 10 níveis de luminosidade, com diferentes gradientes de cinza e com dois extremos, o preto (nível 1) e o branco (nível 10) (Goodacre & Sagel, 2011).

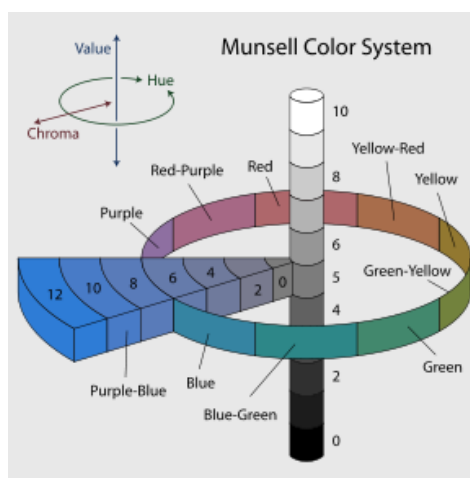
Os objetos luminosos ou de alto valor apresentam tonalidades leves de cinza ao invés dos objetos de baixo valor que aparentam escurecimento pela elevada quantidade de cinza exibida (Sikri, 2010). Os valores reduzidos indicam a absorção e/ou a dispersão da luz recebida pelo objeto e, conseqüentemente, uma menor emissão da mesma pelo último. Esta questão toma como solução a diminuição do croma ou o aumento da refletividade da superfície (Sikri, 2010).

### **2.2.3. Croma**

O croma define-se como o grau de saturação, a intensidade ou a força da matiz (Sikri, 2010; Sinmazisik et al., 2014). Segundo Munsell, este indicador caracteriza a cor como fraca, moderada e forte de acordo com uma escala de nível zero (cor acromática) a nível 12 (Goodacre & Sagel, 2011). Esta medida não pode ser individualizada pois encontra-se estritamente associada à matiz e inversamente relacionada com o valor (Sikri, 2010).

### **2.2.4. Sistema ordenado de cor de Munsell**

À guisa de conclusão, a matiz, o valor e o croma constituem as três dimensões da cor, porém o seu significado apenas faz sentido quando estas variáveis se relacionam entre si num plano tridimensional, conhecido por Sistema Ordenado de Cor de Munsell (Goodacre & Sagel, 2011). Tal como apresentado na Figura 1, este é composto por um eixo vertical (valor ou brilho), rodeado, uniformemente, pelas famílias de matizes e, no seu centro, alinhado, perpendicularmente, com a escala do croma (Goodacre & Sagel, 2011).



**Figura 1** - Sistema Ordenado de Cor de Munsell

([http://pt.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_de\\_cores\\_de\\_Munsell#/media/File:Munsell-system.svg](http://pt.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_cores_de_Munsell#/media/File:Munsell-system.svg))

O Sistema Ordenado de Cor de Munsell utiliza a notação H (matiz) V (valor)/C (croma) (Goodacre & Sagel, 2011). Assim, por exemplo, a designação 5R 4/6 significa que à matiz corresponde o vermelho mediano, ao valor o nível 4 e ao croma o nível 6 (Goodacre & Sagel, 2011).

### **2.3. Cor e as propriedades óticas da luz**

A cor constitui uma característica da luz (Shammas & Alla, 2011). Assim, a interação da última com o objeto, através dos fenômenos de reflexão, de absorção, de refração ou de transmissão, determina propriedades importantes óticas do material como a opacidade, a translucidez ou a transparência (Anusavice et al., 2013) que, por sua vez, influenciam a percepção da cor pelo observador. A fluorescência e a opalescência constituem outras qualidades óticas igualmente essenciais.

#### **2.3.1. Transparência**

A transparência corresponde ao grau de passagem de luz através de um objeto que permite a visualização de uma imagem não distorcida devido à total transmissão da radiação pelo material (Anusavice et al., 2013).

#### **2.3.2. Opacidade**

Um material opaco absorve a totalidade da luz recebida, não permitindo a sua passagem e tornando inviável a visualização de qualquer imagem através do mesmo (Anusavice et al., 2013).

#### **2.3.3. Translucidez**

A translucidez define-se pela qualidade da luz quando atravessa, de forma difusa, um objeto, revelando uma imagem distorcida que pode ser vista através do material (Anusavice et al., 2013), como se verifica no esmalte dentário. Esta é considerada uma propriedade intermédia entre a transparência e a opacidade (Sikri, 2010), relacionando-se com a luz parcialmente absorvida e dispersa (Anusavice et al., 2013). Apresenta-se, em geral, inversamente associada ao valor, uma vez que o seu aumento desencadeia uma maior passagem de luz pela superfície e um menor retorno ao observador (Sikri, 2010).

#### **2.3.4. Fluorescência**

A fluorescência ocorre quando um material absorve luz, emitindo-a, posteriormente, num comprimento de onda maior (Skiri, 2010; Shammam & Alla, 2011; Silva et al., 2013). Assim, perante fontes como a radiação solar, o flash e a iluminação decorativa, o dente absorve luz, indetetável ao olho humano, com comprimentos de onda entre os 300 e os 400 nm, correspondente à área ultravioleta da distribuição espectral. A energia absorvida é convertida em radiação com comprimentos de onda superiores, maioritariamente entre os 400 e os 450 nm, tornando o próprio dente numa fonte de luz, com predominância da cor azul-branca (Anusavice et al., 2013). Um exemplo do processo citado é a emissão de radiação fluorescente azul pela área incisal dos dentes anteriores, aquando da incidência de radiação ultravioleta (Yu & Lee, 2008).

A fluorescência aumenta a quantidade de luz emitida ao observador, reduz a saturação e dissimula descolorações, influenciando, respetivamente, o valor, o croma e a aparência do dente (Skiri, 2010). Estas alterações não são constantes pois a fluorescência varia com a idade, registando, em geral, o seu pico máximo aos 26 anos e diminuindo, em seguida, com o decorrer do tempo (Silva et al., 2013).

#### **2.3.5. Opalescência**

A opalescência é o fenómeno que permite a um material translúcido aparentar uma cor azul quando a luz é refletida e, concomitantemente, ostentar uma cor vermelha-laranja quando transmitida (Shammam & Alla, 2011). No dente, este efeito opalescente depende do comportamento birrefringente do esmalte e atribui a luminosidade, a intensidade ótica e a vitalidade ao tecido (Skiri, 2010).

#### **2.4. Cor e metamerismo**

O metamerismo surge quando o objeto apresenta uma cor, sob determinada luz envolvente, no entanto, é de cor diferente, quando essa luz se modifica (Skiri, 2010; Corcodel et al., 2010; Sarafianou et al., 2012). Este processo pode surgir devido ao observador ou ao tipo de luz incidente no objeto. Um exemplo da influência deste último fator é a frequente descrição avermelhada de um material, quando submetido a iluminação incandescente (Corcodel et al., 2010). Este problema pode ser evitado, recorrendo a dois ou mais tipos de luzes como a natural e a fluorescente (Skiri, 2010).

## **2.5. Medição da cor**

A cor pode ser aferida com recurso ao método visual e/ou ao instrumental (Skiri, 2010; Sinmazisik et al., 2014). Ambas as técnicas possuem vantagens e desvantagens e, como tal, sempre que possível, devem ser usadas em simultâneo (Chu et al., 2010).

### **2.5.1. Técnica visual**

O método visual é o mais frequentemente utilizado para a determinação e seleção da cor, na prática clínica (Chu et al., 2010; Skiri, 2010). Neste processo, o observador recorre a escalas de cor estandardizadas (Lehmann et al., 2010; Sarafianou et al., 2012) a fim de caracterizar a variável, segundo a ordem do Sistema de Cor de Munsell (Skiri, 2010). Não obstante, esta técnica é considerada pouco fiável e inconsistente devido a fatores associados ao metamerismo, ao posicionamento inadequado do objeto e da fonte de luz, às condições de iluminação impróprias e ao estado psicofisiológico do observador como o cansaço, a idade, a emotividade e o efeito de medicação ou drogas (Chu et al., 2010; Skiri, 2010; Sarafianou et al., 2012; Bahannan, 2014).

#### **2.5.1.1 Escalas de medição de cor**

Ao longo dos anos, foram utilizadas várias escalas para a medição da cor. Clark (1931) introduziu uma guia de cores personalizada, baseada na análise visual do dente humano, de acordo com as três dimensões de Munsell. Posteriormente, Miller (1993) defendeu que o material usado na construção da escala deveria ser semelhante ao da restauração a realizar, com uma espessura inferior à de uma faceta de porcelana. Por conseguinte, anos mais tarde, foi apresentada uma escala de 208 cores resultantes de 38 tons básicos, baseada no conceito da cor natural e elaborada a partir do material das facetas, evitando assim o fenómeno do metamerismo (Skiri, 2010). Atualmente, a escala *VITAPAN Classical* é muito utilizada em procedimentos de dentisteria. No entanto, as críticas ao seu *design*, estrutura e distribuição da cor levaram à criação da *VITA 3D-Master* (Goodacre & Sagel, 2011).

### **2.5.2. Técnica instrumental**

Os instrumentos para seleção da cor avaliam a composição espectral da luz, refletida pela superfície dentária (Lee et al., 2010). Foram comercializados com o



objetivo de minimizar ou ultrapassar as imperfeições do processo tradicional visual. Pretendem igualmente satisfazer a necessidade de recolha de informação para comunicação da cor e translucidez do dente (Chu et al., 2010). No entanto, o preço elevado e a dificuldade associada ao manuseamento desta tecnologia tornam o método pouco apelativo à prática clínica (Chu et al., 2010). A complexidade referida deve-se à precisão exigida no posicionamento do instrumento em relação ao dente e a características dentárias como o tamanho reduzido da coroa, a área curvilínea, a presença de múltiplas camadas, a translucidez e as transições de cor em todas as direções (Chu et al., 2010).

A técnica instrumental recorre a sistema de imagens, colorímetros e a espectrofotómetros (Chu et al., 2010; Bahannan, 2014). Estes são constituídos por dois elementos básicos: um detetor/condicionador de sinal e um *software* que o processa e o transforma em informação utilizável na clínica ou no laboratório (Bahannan, 2014). Por fim, a escolha do instrumento deve ter em conta fatores como a fiabilidade, a precisão, o tempo de vida e o seu custo (Bahannan, 2014).

#### **2.5.2.1. Câmaras digitais e sistemas de imagem**

As câmaras digitais captam as imagens, recorrendo a dispositivos acoplados carregáveis (CCDs) constituídos por milhões de pequenos elementos microscopicamente sensíveis à luz (Skiri, 2010). Estes instrumentos representam a forma mais básica de seleção da cor, ainda que necessitem sempre da visão subjetiva do observador (Chu et al., 2010; Sarafianou et al., 2012).

#### **2.5.2.2. Colorímetros**

Os colorímetros são instrumentos de medição de valores tristimulares, ou seja, medem a luz resultante da combinação aditiva da radiação correspondente à cor vermelha, verde e azul, no espectro visível (Chu et al., 2010; Sarafianou et al., 2012). Em comparação com os espectrofotómetros, os colorímetros revelam-se menos precisos pois não são capazes de conciliar as funções padrão do observador ou de avaliar a refletância espectral (Chu et al., 2010; Skiri, 2010). Assim, a imagem completa do dente é obtida com recurso a três bancos de dados individuais, o terço gengival, médio e incisal do tecido (Chu et al., 2010). Não obstante, os colorímetros são consistentes e

rápidos, podendo, por esse motivo, ser usados para controlo de qualidade. (Chu et al., 2010; Skiri, 2010)

### 2.5.2.3. Espectrofotómetros

Os espectrofotómetros são compostos por uma fonte de radiação ótica, um meio de dispersão de luz, um sistema ótico para medição, um detetor e um meio de conversão da luz obtida para um sinal (Chu et al., 2010; Bahannan, 2014). Encontram-se entre os instrumentos mais úteis, flexíveis e precisos na determinação da cor (Chu et al., 2010). Os estudos sublinham que o uso do espectrofotómetro gera um aumento de 33% na precisão e, em 93.3% dos casos, registou-se uma correspondência objetiva superior na cor, comparativamente com a aplicação de técnicas convencionais tais como a observação direta do clínico (Chu et al., 2010). Estes benefícios estão diretamente relacionados com a capacidade de medição da quantidade de luz refletida por um objeto, em intervalos de 1-25 nm, ao longo do espetro visível (Chu et al., 2010). Mais ainda, a presença de iluminação estandardizada própria resulta numa leitura da cor sem interferências da luz ambiente (Sarafianou et al., 2012).

São exemplos destes instrumentos o *Crystaleye* (Olympus, Tokyo, Japan) que combina os benefícios dos espectrofotómetros com a fotografia digital; o *Vita Easysshade Compact* (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Germany) de tamanho reduzido, portátil e sem fios, cujo modo de medição pode focar um dente, uma área do dente ou, simplesmente, uma restauração; o *Shade-X* (X-Rite, Grandville, MI) com duas bases de dados para selecionar a cor da dentina e da região incisal do dente; e o *Spectroshade Micro* (MHT Optic Research, Niederhasli Switzerland), um espectrofotómetro de imagem que permite a medição de um dente ou de apenas uma área (MHT, 2001; Chu et al., 2010).

O *Spectroshade Micro*, usado no presente estudo, consiste na combinação de uma câmara digital e de um espectrofotómetro com LED (Chu et al., 2010). Este instrumento possui um sistema de orientação de posicionamento dentário, exibido no seu ecrã táctil LCD, garantindo, desta forma, uma medição precisa e eficiente pelo clínico. Inclui, ainda, um computador interno equipado com um *software* analítico, para exame da cor e uma memória intrínseca que permite o armazenamento das imagens e dos dados espectrais recolhidos. O *Spectroshade* possibilita, igualmente, a transferência

da informação reunida para um computador via USB, *wireless* LAN ou SD CARD, facilitando assim a comunicação e o estudo da variável (MHT, 2001; Chu et al., 2010).

O *Spectroshade Micro* é seguro, portátil, fácil e rápido de utilizar (MHT, 2001). O seu uso apresenta inúmeras vantagens como a eliminação dos fatores etiológicos do metamerismo, aquando da caracterização da cor (MHT, 2001), sendo, por isso, frequentemente, requisitado em estudos (Figura 2).



**Figura 2** - Spectroshade Micro Óptic  
(MHT Optic Research, Niederhasli Switzerland).

#### **2.5.2.4. Escala CIE L\*a\*b\***

A escala CIE L\*a\*b\*, introduzida pela Commission International de l'Éclairage (CIE), descreve a posição tridimensional da cor no espaço através de três coordenadas: L\*, a\* e b\* (Corcodel et al., 2010; Skiri, 2010; Goodacre & Sagel, 2011; Sinmazisik et al., 2014). O L\* refere-se à luminosidade, apresentando valores entre o zero (totalmente preto) e o 100 (completamente branco). As coordenadas a\* e b\* indicam a cromaticidade no eixo vermelho-verde e amarelo-azul, respetivamente (Corcodel et al., 2010; Skiri, 2010; Goodacre & Sagel, 2011; Sinmazisik et al., 2014). Assim, valores positivos de a\* sugerem a reflexão da luz na gama vermelha e os dados negativos de a\* destacam a ordem da cor verde (Skiri, 2010; Goodacre & Sagel, 2011). Do mesmo modo, a tonalidade amarela é representada por valores b\* positivos e a azul por b\* negativos (Skiri, 2010; Goodacre & Sagel, 2011).

A escala CIE  $L^*a^*b^*$  é comumente utilizada, na técnica instrumental, para averiguar a evolução dos dentes sujeitos a branqueamento pois permite calcular a diferença de luminosidade e de cromaticidade através das equações:  $\Delta L^* = L^*_2 - L^*_1$ ,  $\Delta a^* = a^*_2 - a^*_1$  e  $\Delta b^* = b^*_2 - b^*_1$ , sendo que  $L^*_1 / a^*_1 / b^*_1$  e  $L^*_2 / a^*_2 / b^*_2$  representam os valores antes de iniciar e após finalizar o tratamento, respetivamente (Goodacre & Sagel, 2011; Ma et al., 2011). Esta escala possibilita, ainda, mensurar o progresso da cor geral do dente, antes e depois do processo branqueador, segundo a equação:  $\Delta E^* = (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{1/2}$  (Goodacre & Sagel, 2011; Sinmazisik et al., 2014).

### **3. Branqueamento**

#### **3.1. Pigmentação dentária**

A cor do dente resulta da combinação das propriedades óticas dos tecidos mineralizados com a presença de pigmentações (Joiner, 2010; Markovic et al., 2010). Estas últimas classificam-se em extrínsecas e intrínsecas (Hilton et al., 2013), apresentando localizações, etiologias, intensidades e soluções terapêuticas diferentes.

##### **3.1.1. Pigmentação extrínseca**

A pigmentação extrínseca é comum e surge nas superfícies externas do dente (Joiner, 2010; Heymann et al., 2013). Em crianças ou jovens, as manchas são, geralmente, visíveis na zona cervical do esmalte, assumem qualquer coloração e podem decorrer de vários fatores como a inadequada higiene oral, com conseqüente acumulação de placa bacteriana, a dieta alimentar e, ainda, a presença de microrganismos cromogéneos (Heymann et al., 2013). Por sua vez, em adultos ou idosos, as manchas apresentam uma cor castanha, preta ou cinza, em áreas adjacentes à gengiva, resultando da fraca higienização dentária, do consumo repetido de café, chá e de outros produtos cromogéneos, de hábitos tabágicos e, igualmente, da toma de medicação específica (Joiner, 2010; Markovic et al., 2010; Heymann et al., 2013).

É ainda necessário realçar que, na maioria dos casos, a eliminação deste tipo de pigmentação é facilmente conseguida através da aplicação de simples medidas profiláticas como, por exemplo, a escovagem e o polimento com pastas dentárias abrasivas ou a destarização com ultrassons (Heymann et al., 2013; Li & Greenwall,

2013; Alqahtani, 2014). No entanto, a minimização do problema pode, com o passar do tempo, conduzir ao escurecimento e à persistência das manchas bem como alterar a resposta ao tratamento (Alqahtani, 2014).

### **3.1.2. Pigmentação intrínseca**

A pigmentação intrínseca caracteriza-se pela presença de manchas profundas no interior do dente e por imperfeições no esmalte (Heymann et al., 2013; Hilton et al., 2013; Alqahtani, 2014). Esta condição pode afetar o esmalte ou a dentina de dentes vitais ou não vitais, atingindo uma área localizada ou a totalidade do tecido de uma ou de múltiplas peças dentárias (Heymann et al., 2013). Assim, os valores de intensidade, do tamanho e da prevalência destas manchas podem estar associados a patologias hereditárias e hematológicas, medicação com tetraciclina, fluorose, icterícia infantil, porfiria, cáries, restaurações metálicas e, principalmente, à idade (Markovic et al., 2010; Heymann et al., 2013; Alqahtani, 2014).

A forma de pigmentação intrínseca mais severa e generalizada manifesta-se devido à toma de tetraciclinas, dependendo do princípio, da dosagem, do momento e da sua duração (Heymann et al., 2013).

Finalmente, as manchas intrínsecas são, muitas vezes, removidas com o branqueamento dentário (Alqahtani, 2014). Não obstante, é fundamental compreender a influência destas alterações no resultado final do tratamento. Assim, as manchas amareladas, decorrentes do envelhecimento ou da genética, possuem um melhor prognóstico do que as cinza-azuladas, resultantes da terapêutica com tetraciclina, cuja resposta é praticamente nula (Alqahtani, 2014). Neste último caso, a realização de facetas ou de coroas constituem opções válidas e efetivas.

### **3.2. Definição de branqueamento**

Segundo a International Organization for Standardization (ISO), o branqueamento dentário consiste na remoção da pigmentação intrínseca ou adquirida do dente natural, através do uso de químicos, por vezes, combinados com a aplicação de meios auxiliares (Li & Greenwall, 2013).

O branqueamento é um processo oxidativo que altera a relação entre a luz absorvida e a refletida pelo dente, o que modifica a percepção da cor da peça dentária pelo observador (Li & Greenwall, 2013).

### **3.2.1. Indicações do branqueamento**

O principal fundamento para a realização do branqueamento prende-se com a insatisfação do doente, relativamente à cor dentária (Hilton et al., 2013). Além disso, a presença de um dente escurecido, numa arcada harmoniosa e a necessidade de atingir os padrões estéticos estabelecidos pela sociedade podem, igualmente, aprovar este procedimento como uma opção terapêutica (Hilton et al., 2013).

### **3.2.2. Contraindicações e reservas do branqueamento**

Relativamente ao branqueamento dentário, este apresenta contraindicações gerais, tais como: as expectativas irreais do paciente ou a sua recusa no cumprimento do tratamento, a presença de múltiplas restaurações íntegras, a intolerância ao sabor ou à técnica e, ainda, em situações de gravidez ou lactação (Hilton et al., 2013). É também importante considerar as condições de prognóstico reservado como história prévia de sensibilidade, dentes com áreas incisais muito translúcidas, terço gengival dos dentes extremamente escurecido e visível através do sorriso, superfícies radiculares expostas, *white spots* extensas e notáveis e pacientes bruxómeros ou com patologia da articulação temporomandibular (Hilton et al., 2013).

### **3.2.3. Composição dos produtos de branqueamento**

Os produtos de branqueamento contêm, na sua constituição, elementos ativos como o peróxido de hidrogénio e o peróxido de carbamida e ingredientes inativos, os agentes espessantes, o transportador, o surfatante e os pigmentos dispersantes, conservantes e aromatizantes (Li & Greenwall, 2013; Alqahtani, 2014).

Os aditivos ou componente inativo dos materiais branqueadores têm como objetivo melhorar as características finais do produto (Hilton et al., 2013). Assim, por exemplo, o Carbopol (carboxipolimetileno) representa um dos agentes espessantes mais usados. Este polímero de ácido poliacrílico, com elevado peso molecular, é utilizado em concentrações de 0,5 a 1,5%, permitindo, deste modo, aumentar a viscosidade do gel branqueador, melhorar a sua retenção na goteira e, ainda, prolongar quatro vezes mais a

libertação de radicais livres, ao longo do tempo (Hilton et al., 2013; Alqahtani, 2014). Mais ainda, transportadores como a glicerina e o glico propipreno preservam a humidade e auxiliam a dissolução de outros elementos. O surfatante e os pigmentos dispersantes favorecem a difusão do peróxido e a manutenção dos pigmentos em suspensão, respetivamente. Por sua vez, os conservantes como o metilo, o propilparabeno ou o benzoato de sódio previnem o crescimento de bactérias no produto final e aceleram a dissociação do agente ativo pela ação do ferro, do cobre, do magnésio e de outros iões metálicos. Por fim, os aromatizantes constituem substâncias que melhoram o sabor e, conseqüentemente, a adesão do doente ao tratamento, sendo exemplos a pimenta, a hortelã e a sacarina (Alqahtani, 2014).

#### **3.2.4. Modo de ação**

As manchas dentárias são constituídas por cromóforos, isto é, por moléculas orgânicas pigmentadas, compostas por longas cadeias de ligações duplas conjugadas (Carey, 2014). Apesar do mecanismo de ação ainda não estar completamente clarificado, a maioria dos autores defende que o branqueamento consiste na degradação química dos cromóforos, dependendo da atuação do peróxido de hidrogénio ( $H_2O_2$ ) (Durando, 2011; Li & Greenwall, 2013; Carey, 2014). Este pode ser aplicado diretamente no dente ou produzido localmente a partir de precursores como o perborato de sódio ( $Na_2[B_2(O_2)_2(OH)_4] + 2 H_2O \rightarrow 2NaBO_3 + 2H_2O_2$ ) ou o peróxido de carbamida ( $H_2NCONH_2 + H_2O_2 \rightarrow H_2NCONH_2 + H_2O_2$ ) (Durando, 2011; Eimar et al., 2012).

O processo branqueador inicia-se com a difusão do peróxido de hidrogénio, um composto de baixo peso molecular, pelos microporos e microcanais do esmalte semipermeável, penetrando neste tecido e atingindo, posteriormente, a dentina (Francci et al., 2010; Xu et al., 2011; Li & Greenwall, 2013; Soares et al., 2014). Em seguida, o agente ativo dissocia-se em radicais livres instáveis, o hidroxil ( $HO^\bullet$ ) e o perhidroxil ( $HOO^\bullet$ ), em aniões superóxidos ( $OO^\bullet-$ ) e em aniões perhidroxil ( $HOO-$ ) (Alqahtani, 2014). Estes podem resultar da presença de um ambiente alcalino ou da clivagem homolítica das ligações O-H ou O-O do peróxido de hidrogénio (Eimar et al, 2012, Alqahtani, 2014). Ulteriormente, os produtos reativos, sobretudo o anião perhidroxil, interagem numa reação de oxidação-redução com as moléculas complexas dos cromóforos, clivando as suas ligações e, concludentemente, tornando-as mais simples, difusas e leves (Francci et al., 2010; Alqahtani, 2014). A simplificação química

resultante modifica o espectro de absorção dos compostos, com diminuição da reflexão de luz, criando, desta forma, um efeito branqueador (Francci et al., 2010; Eimar et al., 2012; Li & Greenwall, 2013; Alqahtani, 2014).

### **3.2.5. Técnicas de branqueamento**

Atualmente, as técnicas de branqueamento dentário classificam-se de acordo com a vitalidade dos dentes envolvidos (branqueamento de dentes vitais e/ou de dentes não vitais) e segundo o protocolo do tratamento (em consultório e/ou em ambulatório e/ou com recurso a produtos de venda livre) (Heymann et al., 2013; Hilton et al., 2013).

#### **3.2.5.1. Branqueamento de dentes vitais**

O ano de 1868 marca o início do branqueamento de dentes vitais com ácido oxálico ou peróxido de éter. Posteriormente, foi introduzido o peróxido de hidrogénio, como agente branqueador, sendo que, em 1911, o uso desta substância em elevadas concentrações, ativada por fontes de calor ou luz, constituía uma prática clínica (em consultório), unanimemente aceite pelos médicos dentistas. Anos mais tarde, em 1960, Bill Klusmier, citado por Alqahtani (2014), encetou a técnica de branqueamento, em ambulatório, através do antisséptico oral Gly-Óxido, um produto de venda livre composto por 10% de peróxido de carbamida. Haywood & Heymann (1989) apresentaram o artigo “Nightguard vital bleaching”, onde descreveram os efeitos do uso noturno do peróxido de carbamida a 10%. Desde aí, os produtos e as técnicas de branqueamento de dentes vitais têm vindo a evoluir de forma exponencial, constituindo, hoje em dia, um vasto mundo inovador à disposição dos profissionais de saúde e dos doentes (Haywood & Heymann, 1989; Aqahtani, 2014).

O branqueamento de dentes vitais surge do desejo do doente, do seu custo reduzido comparativamente com outras opções terapêuticas menos conservadoras, da dificuldade na remoção de manchas dentárias específicas e da presença de dentes intrinsecamente pigmentados devido à idade, a traumas ou à toma de determinados medicamentos. Por outro lado, este tratamento pode constituir também uma alternativa à falha de técnicas de branqueamento de dentes não vitais e uma solução em casos de dentes com mau prognóstico endodôntico, por ausência de visibilidade radiográfica do canal (exemplo: metamorfose calcificante) (Heymann et al., 2013).



O branqueamento de dentes vitais pode ser realizado em consultório, em ambulatório ou com recurso a produtos de venda livre (OTC) (Heymann et al., 2013; Alqahtani, 2014). Estas técnicas podem ainda ser usadas separadamente ou concomitantemente (Heymann et al., 2013).

#### **3.2.5.1.1. Em consultório**

Este modo de branqueamento concretiza-se no consultório dentário, com a vigilância e o controlo total por parte do médico dentista (Alqahtani, 2014).

Este processo está indicado em doentes adultos ou idosos, sem registo prévio de hipersensibilidade dentária e em indivíduos com intolerância às moldeiras de branqueamento, em ambulatório ou com necessidade de visualização de resultados rápidos. O branqueamento em consultório é igualmente adequado em casos de dentes com câmaras pulpares atrésicas ou com tratamento endodôntico. Em oposição, esta técnica apresenta algumas contraindicações, tais como: pacientes jovens, dentes com câmaras pulpares amplas, incisivos inferiores com estrutura reduzida em esmalte e dentina, bruxómeros com exposições dentinárias generalizadas e indivíduos submetidos a tratamento microabrasivo (Francci et al., 2010).

A modalidade em consultório requer um isolamento dentário prévio com barreiras gengivais, isto é, com resinas fluídas fotopolimerizáveis (Heymann et al., 2013; Alqahtani, 2014; Carey, 2014). Após a verificação deste requisito, o médico dentista aplica o gel ou a pasta branqueadora nas superfícies dentárias (Heymann et al., 2013; Alqahtani, 2014; Carey, 2014). Este tratamento apresenta, muitas vezes, alterações significativas de cor, após uma única sessão de 30 a 60 minutos (Carey, 2014). No entanto, contrariamente ao aludido pela maioria dos fabricantes, um branqueamento em consultório, com resultados óptimos, é apenas conseguido através de múltiplas sessões, geralmente de duas a seis consultas, com a duração de 30 a 45 minutos cada (Francci et al., 2010; Heymann et al., 2013).

#### **3.2.5.1.2. Em ambulatório**

O branqueamento em ambulatório ocorre quando prescrito pelo médico dentista, mas aplicado pelo doente fora do consultório (Heymann et al., 2013).

Esta modalidade é a indicada para doentes com menos recursos económicos, incapazes de comparecer a várias consultas médico dentárias e/ou de permanecer no consultório, durante períodos de tempo prolongados para realização do tratamento (Li, 2011; Batista et al., 2013). Por outro lado, os indivíduos não cooperantes ou não cumpridores das instruções de uso do produto branqueador constituem contra indicações específicas à técnica (Batista et al., 2013).

Especificando, o módulo em ambulatório é concretizado com recurso a concentrações baixas de agente branqueador como, por exemplo, o peróxido de carbamida a 10%. Este representa o produto “*golden standart*”, garantindo a segurança, os resultados efetivos e a longevidade clínica pretendida (Francci et al., 2010). Como tal, considera-se o mais utilizado, sendo recomendado o seu uso, nas moldeiras de branqueamento, oito horas por dia, num período aproximado de duas semanas (Alqahtani, 2014). Porém, cada vez mais, se inquire uma maior preferência pelo peróxido de hidrogénio entre 3% a 6%, devido ao menor tempo de aplicação (30 min a 1h30min) (Francci et al., 2010). É importante destacar que a concentração de 6% constitui o limite máximo aceite pela União Europeia e pela FDA (U.S. *Food and Drug Administration*) (Diretiva 2011/84/EU)

Independentemente do produto selecionado, o processo de branqueamento em ambulatório segue um protocolo clínico e laboratorial comum, a saber: impressão das arcadas do doente, vazamento a gesso dos moldes, corte dos modelos com eliminação do palato e do vestíbulo, confeção das moldeiras através da máquina de vácuo, corte festoneado das últimas na divisória entre a zona cervical dos dentes e a gengiva e, por último, inserção e avaliação da adaptação e presença de arestas (Heymann et al., 2013). O doente é, posteriormente, instruído acerca do modo e da duração recomendada de permanência do gel branqueador nas moldeiras. É fundamental informar ainda que a colocação de excesso de material pode ser prejudicial, nomeadamente, para os tecidos moles (Heymann et al., 2013).

### **3.2.5.1.3. Comparação entre branqueamento em consultório e em ambulatório**

No branqueamento em consultório, o médico dentista possui a supervisão total do procedimento, sendo, por isso, capaz de interromper o processo quando a cor espetável é atingida e de controlar possíveis efeitos secundários, como os da

sensibilidade através da resposta do doente, não anestesiado. O profissional de saúde tem ainda a capacidade de proteger, devidamente, as mucosas e de verificar a quantidade de material colocado, impedindo o seu extravasamento. Assim, o sucesso da técnica, em consultório, não depende diretamente da cooperação do doente, ao contrário do branqueamento em ambulatório, onde o desrespeito pelas medidas do produto e do tempo do tratamento afetam a eficácia e a segurança do mesmo (Alqahtani, 2014). Uma outra vantagem da modalidade em ambulatório é evitar o desconforto das moldeiras (Francci et al., 2010) e apresentar alterações significativas na cor, logo após uma única sessão (Alqahtani, 2014).

Apesar das desvantagens acima apresentadas, o método em ambulatório continua a ser considerado a técnica mais indicada para branqueamento de dentes vitais, pela simplicidade de execução do tratamento, pelo elevado grau de segurança, pelo tempo da consulta médico dentária e pelo custo financeiro reduzido, não registando, efeitos adversos consideráveis (Heymann et al., 2013; Alqahtani, 2014). Esta modalidade é também a mais estudada e a mais aprofundada, permitindo adequar o processo às necessidades específicas de cada doente (Francci et al., 2010).

Neste âmbito, Bernardon et al. (2010) comparou as técnicas de branqueamento referidas em 90 indivíduos, confirmando resultados similares relativamente à eficácia de cor, após um período de duas semanas de tratamento. Assim, confirmadas estas semelhanças, o médico dentista deve aconselhar uma modalidade não só adequada ao nível de cooperação e ao poder económico do doente como também às suas características dentárias.

#### **3.2.5.1.4. Técnica combinada**

Alguns clínicos recomendam a conjugação das técnicas em consultório e em ambulatório, de modo a acelerar o aparecimento de resultados e a garantir a estabilidade da cor desejada (Bernardon et al, 2010, Francci et al, 2010, Alqahtani, 2014). Este módulo combinado, inicia-se com o branqueamento em consultório, recorrendo a uma concentração elevada de peróxido de hidrogénio que proporciona o efeito “*Jump-Start*”. Em seguida, o doente conclui o tratamento em ambulatório com, por exemplo, peróxido de carbamida a 10% (Bernardon et al., 2010; Francci et al., 2010; Alqahtani, 2014).

Bailey & Swift (1992) mostraram que uma maior concentração de agente branqueador resultava numa maior libertação de radicais livres e, conseqüentemente, num branqueamento mais rápido dos dentes. No entanto, Bernandon et al. (2010) verificaram que a técnica combinada não reduzia o tempo de tratamento como considerado, podendo inclusive suscitar efeitos adversos como a sensibilidade dentária, a irritação gengival e as náuseas.

#### **3.2.5.1.5. Produtos de venda livre (OTC)**

Os produtos de venda livre (OTC) apresentam, nos dias de hoje, valores de popularidade elevados, representando o setor comercial com maior potencial de crescimento, no mercado da medicina dentária (Alqahtani, 2014). Podem ser adquiridos em farmácias, em supermercados e na internet (Demarco et al., 2009).

Estes produtos são compostos por uma reduzida quantidade de peróxido de hidrogénio, sendo que apenas concentrações inferiores a 0,1 % são aceites pela União Europeia e pela FDA (Diretiva 2011/84/EU). São autoaplicáveis e encontram-se disponíveis na forma de pastilhas, soluções para bochecho, pastas branqueadoras, géis, tiras, vernizes e sistema de moldeiras pré-fabricadas (Francci et al., 2010; Li, 2011; Hilton et al., 2013; Alqahtani, 2014; Carey, 2014), sendo o seu uso preconizado duas vezes por dia, durante aproximadamente duas semanas (Alqahtani, 2014).

Apesar do seu custo reduzido e da facilidade de compra, apresentam ainda alguns problemas, tais como a falta de observação e diagnóstico da mancha dentária por um profissional habilitado, apto a recomendar o melhor tratamento. Acrescente-se, também, a ausência de segurança e de vigilância do produto, uma vez que alguns destes compostos não são inspecionados nem regularizados pela FDA (Francci et al., 2010; Hilton et al., 2013; Alqahtani, 2014). É igualmente importante realçar que os sistemas de tiras e de vernizes podem causar sensibilidade dentária e reações alérgicas aos doentes bem como aumentar a possibilidade de extravasamento e ingestão de material (Francci et al., 2010).

#### **3.2.6. Fatores que influenciam o branqueamento**

Há vários fatores que podem afetar o branqueamento das superfícies dentárias e, por isso, devemos avaliá-los e controlá-los antes e durante o tratamento, respetivamente, de forma a obter o máximo de benefícios (Hilton et al., 2013).

A eficácia do processo e estabilidade dos resultados, ao longo do tempo, podem ser influenciados pelo doente (idade, género, cor dentária inicial), pelo material branqueador usado (características e concentração do peróxido de hidrogénio e presença de aditivos) e pelo método de aplicação (tempo de contato, frequência de aplicação, recurso a fontes de calor e profilaxia do esmalte antes do início do tratamento) (Li & Greenwall, 2013). De entre os fatores anteriormente nomeados, encontram-se, em seguida, pormenorizados os mais importantes:

#### **3.2.6.1. Profilaxia do esmalte**

Antes de iniciar qualquer processo de branqueamento, é fundamental remover a totalidade de detritos aderidos à superfície dentária, através de medidas profiláticas, permitindo, deste modo, identificar a presença de manchas extrínsecas e/ou intrínsecas e proporcionar o máximo contacto entre o agente branqueador e o dente. Após esta etapa, é comum surgir alguma sensibilidade dentária e gengival, sendo, por isso, aconselhado o adiamento do tratamento branqueador por alguns dias (Hilton et al., 2013).

Em suma, este fator possibilita a seleção adequada da técnica e do produto a utilizar, tendo como base a pigmentação detetada e as necessidades específicas do doente. Permite, igualmente, a obtenção de melhores resultados pois favorece a ação ótima do agente branqueador.

#### **3.2.6.2. Concentração do peróxido de hidrogénio**

Este fator influencia diretamente os resultados da cor dos dentes sujeitos a tratamento. Assim, até certo limite, quanto maior for a concentração de peróxido mais rápido surge o efeito pretendido. O ponto limite é determinado pela alteração máxima da cor, sendo que, a partir deste valor, a concentração adicional do agente branqueador desencadeará apenas sensibilidade dentária (Hilton et al., 2013; Moncada et al., 2013).

#### **3.2.6.3. Temperatura**

Esta condição favorece o branqueamento dentário pois elevadas temperaturas desencadeiam uma libertação rápida de radicais livres e, portanto, valores superiores de reações químicas. Assim, um aumento de 10°C pode duplicar a taxa de dissociação do agente ativo. No entanto, existem algumas limitações inerentes ao fator, tais como: o

grau de alteração da cor da superfície, cuja medida depende das características do dente e a possibilidade de gerar pulpite irreversível (Hilton et al., 2013; Moncada et al., 2013).

#### **3.2.6.4. pH**

O pH do agente branqueador pode originar uma ilusão de alteração da cor do dente, submetido ao tratamento (Xu et al., 2011; Hilton et al., 2013), através do efeito “vidro fosco”. Nesse sentido, Xu et al. (2011) referem que o branqueamento com recurso a produtos com pH ácido pode levar à erosão do esmalte, reduzindo a translucidez deste tecido, modificando a interação da luz com a dentina e, conseqüentemente, gerando uma percepção de branqueamento. Não obstante, a consequência erosiva referida ainda não se encontra validada por unanimidade científica (Xu et al, 2011).

Xu et al. (2011) após analisar os efeitos de diferentes valores de pH do peróxido de hidrogénio a 30%, no esmalte de 60 amostras, com o auxílio de espectrofotometria, do microscópio eletrónico de varredura (SEM) e da espectroscopia Micro-Raman, concluiu que as soluções branqueadoras alcalinas ou neutras não alteraram a morfologia nem a composição química do tecido, enquanto as soluções ácidas modificaram-no e desencadearam um ligeiro efeito branqueador. Apesar de alguma controvérsia relativamente à sua ação, este estudo constitui uma das várias investigações que comprovam a influência do pH na eficácia do tratamento e na superfície do esmalte. Por esta razão, é recomendado o uso de agentes com pH neutro como, por exemplo, o peróxido de carbamida, cuja neutralidade é garantida pela presença de ureia no seu processo de decomposição (Hilton et al., 2013).

#### **3.2.6.5. Tempo de contacto**

Tal como a concentração, o tempo de contacto do agente branqueador com o dente é diretamente proporcional ao grau de branqueamento, até atingir o limite máximo de alteração da cor (Hilton et al., 2013). Contudo, quanto maior for o contacto inicial, maior é a probabilidade de surgir sensibilidade dentária (Hilton et al., 2013).

#### **3.2.6.6. Aditivos**

Considera-se uma prática comum a inclusão de aditivos ao peróxido de hidrogénio, com o objetivo de melhorar a sua manipulação e a aceitação pelo doente.

No entanto, esta adição pode alterar a eficácia do material, desencadear alergias e causar úlceras aftosas ou irritação gengival (Hilton et al., 2013). Por isso, é necessário conhecer a composição e efeitos dos aditivos presentes no produto branqueador e, seguidamente, cruzar essa informação com a história clínica do doente a fim de evitar reações adversas e de beneficiar das vantagens dos compostos adicionados.

### **3.2.7. Efeitos adversos do branqueamento**

Os efeitos adversos inerentes ao branqueamento dentário devem-se essencialmente à ação do peróxido de hidrogénio. O tratamento recorre a dosagens reduzidas deste composto, não sendo, por isso, conhecidos, clinicamente, registos de efeitos tóxicos sistémicos agudos e sub agudos, genotoxicidade ou carcinogenicidade (Goldberg et al., 2010; Li, 2011; Li & Greenwall, 2013). No entanto, a literatura refere algumas reações adversas locais, nos tecidos dentários e na mucosa oral (Goldberg et al., 2010; Li & Greenwall, 2013).

A maioria dos efeitos adversos locais encontra-se dependente da técnica, da concentração do produto usado e da resposta do doente ao tratamento (Li & Greenwall, 2013). Assim, por exemplo, em casos específicos, o branqueamento de dentes não vitais origina reabsorções cervicais externas que, por sua vez, podem levar à fratura extensa da coroa e à consequente extração dentária. Estas lesões surgem alguns anos após o tratamento, possuem uma etiologia não completamente esclarecida e relacionam-se com o pH, o trauma ou o calor induzido, no procedimento branqueador (Goldberg et al., 2010). Outro exemplo desta correlação sucede no branqueamento de dentes vitais, com recurso a moldeiras, com o aparecimento de pequenas lesões no palato e na garganta, em alguns doentes, por extravasamento ou ingestão involuntária de peróxido de hidrogénio (Alqahtani, 2014).

Apesar de certas reações locais estarem vinculadas a determinadas modalidades de branqueamento, a sensibilidade dentária e a irritação gengival são comuns à maioria dos doentes (Markowitz, 2010; Li & Greenwall, 2013).

#### **3.2.7.1. Sensibilidade dentária**

Nos doentes sujeitos ao branqueamento, a sensibilidade dentária tem uma incidência superior a 50 % (Li & Greenwall, 2013), dependendo da qualidade do produto, da técnica aplicada e da resposta individual ao processo (Li, 2011). Este efeito

surge, normalmente, em estados iniciais do tratamento, podendo, no entanto, prolongar-se até alguns dias, após a sua conclusão (Markowitz, 2010; Li & Greenwall, 2013). Manifesta-se, maioritariamente, na forma de dor aguda ou na sensação de formigueiro, em dentes íntegros, sem a presença de estímulo térmico ou tátil (Markowitz, 2010).

Esta reação adversa tem uma duração transitória e uma etiologia não totalmente clarificada (Markowitz, 2010; Li & Greenwall, 2013). A sensibilidade dentária resulta, possivelmente, da resposta pulpar perante os radicais livres de peróxido de hidrogénio (Li & Greenwall, 2013), sendo ainda desconhecido o mecanismo de ativação dos nociceptores (Markowitz, 2010). Por esta razão, o tratamento branqueador não deve ser aplicado em dentes com cáries, com dentina exposta ou com restaurações defeituosas (Li, 2011; Li & Greenwall, 2013).

### **3.2.7.2. Irritação gengival**

A irritação gengival constitui igualmente um risco local comum (Carey, 2014), sendo, frequentemente, reversível, sem consequências a longo prazo (Alqahtani, 2014). Esta reação pode surgir acompanhada de sensibilidade dentária (Li, 2011; Li & Greenwall, 2013).

A incidência de irritação gengival na técnica de branqueamento em ambulatório varia de 5% a 50%, na maioria dos estudos. Tem como principal causa o uso de moldeiras desadaptadas e manifesta-se, normalmente, dois a três dias após o início do tratamento, com intensidade suave ou moderada. A generalidade dos doentes considera este efeito tolerável, não impedindo a conclusão do procedimento branqueador (Li, 2011; Li & Greenwall, 2013).

Na técnica de branqueamento em consultório, um fraco isolamento gengival, com falhas na barreira protetora, pode causar igualmente irritação (Li & Greenwall, 2013), dependendo da concentração de peróxido de hidrogénio e do tempo de contacto deste agente com a gengiva (Li, 2011; Li & Greenwall, 2013).

### **3.2.8. Efeitos do branqueamento no esmalte**

Ao longo dos anos, os efeitos do peróxido de hidrogénio, no esmalte, têm sido extensamente estudados (Goldberg et al., 2010). Várias investigações avaliaram a estrutura física e química do tecido antes e após o processo branqueador, analisando



indicadores como o conteúdo mineral, o rácio cálcio-fosfato, o componente proteico, a porosidade e a rugosidade de superfície, a microdureza e a resistência à fratura, entre outros (Alqahtani, 2014).

Alguns estudos defendem a presença de alterações na composição mineral e iónica do esmalte, após tratamento, apoiando as suas conclusões na ação do ião  $H^+$ . O último forma-se com os radicais livres de hidrogénio e reage com o grupo hidroxil ( $OH^-$ ) dos cristais de hidroxiapatite, gerando água. Esta dissolução origina a desmineralização do constituinte inorgânico do esmalte, a destabilização da força iónica do cristal e a rutura de outras ligações com perda de iões cálcio e fosfato (Durando, 2011).

Em relação ao conteúdo proteico, Goldberg et al. (2010) afirma que o peróxido de hidrogénio pode modificar ou destruir a matriz orgânica do esmalte, através da desnaturação das suas proteínas, aumentando a permeabilidade do tecido e a difusão do agente ativo. Estes efeitos podem levar a uma adesão bacteriana, a uma maior suscetibilidade à cárie, a um desgaste abrasivo e erosivo e à sensibilidade dentária (Durando, 2011).

Certos autores advogam ainda uma diminuição dos valores da microdureza e da resistência à fratura no esmalte, após branqueamento, associados à alteração do componente mineral e do conteúdo em água e matriz orgânica do tecido (Durando, 2011).

Estudos recentes contradizem as considerações referidas, concluindo que o processo branqueador provoca modificações mínimas e, maioritariamente, negligenciáveis no esmalte (Albouassi et al., 2011; Li, 2011; Alqahtani, 2014). Esta disparidade de resultados pode dever-se ao protocolo experimental; à composição, à concentração do agente ativo, à formulação (gel ou solução) e ao pH do produto de branqueamento; à duração do tratamento; ao tipo de estudo (in vitro ou in vivo/in situ); à amostra de esmalte (bovino ou humano), às suas condições de armazenamento (soluções salinas isotónicas, saliva artificial ou saliva humana); e, ainda, ao tipo de análise (microdureza, resistência à fratura, rugosidade de superfície, entre outros) (Durando, 2011).

Apesar da falta de consenso nas investigações, existe concordância em relação à eficácia do branqueamento na modificação do comportamento ótico do dente. Os estudos mostram uma diminuição da translucidez e uma alteração na cor do esmalte associada ao tratamento com peróxido (Ma et al., 2011).

### **3.2.9. Efeito do branqueamento na adesão ao esmalte**

O branqueamento provoca uma diminuição na adesão dos materiais restauradores ao esmalte, efeito comprovado cientificamente (Li, 2011; Didier et al., 2013). Este decréscimo decorre, possivelmente, da inibição do processo de polimerização do adesivo devido à presença de oxigénio residual, resultante da dissociação do peróxido de hidrogénio, agente ativo no processo de branqueamento dentário (Li, 2011; Alqahtani, 2014; Vohra & Kasah, 2014). As alterações referidas são transitórias e reversíveis, não havendo consenso em relação ao período ideal de espera entre a conclusão do tratamento branqueador e a restauração do dente (Vohra & Kasah, 2014). As investigações registam intervalos entre as 24 horas e as 4 semanas (Vohra & Kasah, 2014), sendo que duas semanas parecem corresponder ao tempo adequado para o restabelecimento das condições adesivas (Li, 2011).

### **3.2.10. Efeitos do branqueamento nas restaurações**

O tratamento branqueador não altera a cor das restaurações, podendo, no entanto, influenciar negativamente a sua qualidade e durabilidade através do aumento da rugosidade de superfície, do desenvolvimento de *cracks* e de infiltração marginal, da libertação de iões metálicos e da diminuição na adesão dente-restauração (Li, 2011; Didier et al., 2013). A literatura permanece controversa em relação a este tema, sendo, por isso, necessárias mais investigações que clarifiquem a questão (Alqahtani, 2014).

### **3.2.11. Branqueamento sem peróxido de hidrogénio**

Como já referido, o uso de peróxido de hidrogénio apresenta efeitos adversos, o que conduziu ao desenvolvimento de um gel de branqueamento, recente e inovador, em sistema de moldeiras. Este produto de venda livre (OTC), disponível ao consumidor pela internet, é constituído por uma componente inativa semelhante aos géis com peróxido, já existentes no mercado, e por uma componente ativa, o bicarbonato de sódio (benconfi<sup>®</sup>Dent, 2013).

O mecanismo de branqueamento sem peróxido deve-se à ação do bicarbonato de sódio ou hidrogenocarbonato de sódio ( $\text{NaHCO}_3$ ). Este composto é usado para diferentes fins como, por exemplo, na prevenção da cárie dentária, como antioxidante (Garcia et al., 2012) ou, neste caso, como abrasivo, eficaz na remoção de manchas, como esfoliante e como agente de polimento da superfície do dente (Joiner, 2010; Ghassemi et al., 2012).

O branqueamento sem peróxido de hidrogénio é rápido, seguro, não regista reações adversas como a hipersensibilidade dentária, a irritação gengival ou a diminuição das forças adesivas, aquando da troca de restaurações, imediatamente após a finalização do tratamento branqueador (benconfi<sup>®</sup>Dent, 2013). Não obstante, trata-se de um produto muito recente e, por isso, praticamente não existem estudos publicados, sendo necessárias investigações que testem a sua eficácia.

## **4. Adesão**

### **4.1. Conceitos de adesão**

Segundo a norma ISO/TS 11405, a adesão consiste no estado de manutenção da união de duas superfícies, por meio de forças químicas e/ou físicas, com o auxílio de um adesivo. Esta condição pode resultar da formação de ligações químicas primárias (covalentes, iónicas ou metálicas) ou de forças secundárias (ligações de hidrogénio e forças Van der Waals) (Marshall et al., 2010, Hilton et al., 2013).

Neste âmbito, a norma ISO/TS 11405 clarifica ainda outros dois conceitos. Assim, um substrato define-se como o material sobre o qual é disperso o adesivo e este último como a substância capaz de garantir o fenómeno de adesão.

### **4.2. Adesão dentária**

O processo de adesão do material restaurador ao dente envolve interações moleculares entre o substrato ou aderente, geralmente o esmalte e/ou a dentina, e o adesivo, uma solução de monómeros de resina (Perdigão, 2007; Marshall et al., 2010). Este processo deve-se à solidificação do adesivo e à transferência de energia entre substratos (Heymann et al., 2013).

#### **4.2.1. Mecanismos de adesão dentária**

A adesão dentária decorre, principalmente, da substituição dos minerais removidos dos tecidos duros do dente, pelos monómeros de resina do adesivo cuja polimerização promove a sua retenção, nas porosidades criadas (Cardoso et al., 2011). Além do método mecânico referido, são conhecidos ainda outros, como o de adsorção, quando se verifica uma ligação química à hidroxiapatite do esmalte ou aos componentes orgânicos da dentina, nomeadamente, ao colagénio tipo I; e o de difusão, quando a precipitação de substâncias favorece uma ligação mecânica ou química aos monómeros de resina. A adesão pode resultar igualmente da combinação dos mecanismos anteriores (Heymann et al., 2013).

#### **4.2.2. Fatores que condicionam a adesão dentária**

##### **4.2.2.1. Contato entre o substrato e o adesivo**

Uma adesão dentária forte e estável requer um contacto íntimo entre o dente e o adesivo, garantido quando a tensão superficial do último é inferior à energia de superfície do substrato. Desta forma, a estrutura molecular do aderente torna-se recetiva à do adesivo, atingindo o valor energético mínimo necessário à sua estabilidade máxima, e as moléculas do adesivo não sofrem uma atração excessiva, permitindo a molhabilidade de toda a interface (Marshall et al., 2010; Heymann et al., 2013, Hilton et al., 2013).

##### **4.2.2.2. Limpeza da superfície do substrato**

A presença de contaminantes e de *smear layer* reduz a energia superficial do dente e impede o máximo contacto entre o substrato e o adesivo, sendo, por isso, fundamental proceder à limpeza da superfície dentária através do condicionamento ácido. Este último remove os detritos indesejados e promove a rugosidade, essencial à retenção micromecânica do adesivo (Marshall et al., 2010).

##### **4.2.2.3. Rugosidade superficial do substrato**

A existência de microrugosidades na superfície do substrato aumenta a sua energia de superfície e assegura a molhabilidade do adesivo, favorecendo as interações moleculares envolvidas no processo de adesão e influenciando a dispersão dos

monómeros de resina pelo aderente, respetivamente (Marshall et al., 2010; Hilton et al., 2013).

#### **4.2.2.4. Viscosidade do adesivo**

A viscosidade do adesivo não deve ser excessiva nem mínima, sob pena de impedir a sua adequada fluidez (Hilton et al., 2013). Assim, este último deve apresentar uma viscosidade suficientemente baixa para fluir, difundindo-se e adaptando-se aos detalhes da superfície do aderente (Marshall et al., 2010).

#### **4.2.2.5. Alteração dimensional do adesivo**

A solidificação do adesivo, aquando da polimerização, origina a contração do mesmo, gerando forças que atuam no sentido da separação física do adesivo-substrato. Por isso, é fundamental a formação de uma forte ligação inicial entre o adesivo dentário e o dente para superar este *stress* (Marshall et al., 2010; Heymann et al., 2013; Hilton et al., 2013).

#### **4.2.3. Sucessos e insucessos na adesão dentária**

Uma adesão adequada visa uma adaptação íntima entre a restauração e o esmalte e/ou a dentina, garantindo o êxito e a durabilidade do tratamento restaurador (Perdigão, 2007; Marshall et al., 2010). O sucesso adesivo permite um maior conservadorismo na remoção da estrutura dentária e promove ainda um reforço dos tecidos do dente, aumentando a sua resistência (Cardoso et al., 2011). No entanto, alguns fatores como a presença de enzimas salivares, fluidos ou bactérias, no meio oral, podem, por vezes, determinar o fracasso adesivo, propiciando a micro e a nano infiltração marginal, a formação de cárie secundária, o desenvolvimento de hipersensibilidade ou de inflamação pulpar e, igualmente, a perda total da retenção da restauração (Marshall et al., 2010, Cardoso et al., 2011; Hass et al., 2013; Spencer et al., 2014). Uma adesão inadequada, quando sujeita a forças de tensão, pode ainda gerar três tipos de falhas, a saber: coesivas, quando localizadas no aderente (esmalte, dentina ou material restaurador), adesivas, quando a rutura ocorre na interface adesivo-aderente e as mistas resultantes da combinação das duas anteriores (Marshall et al., 2010).

### 4.3. Adesão ao esmalte

A adesão ao esmalte foi introduzida por Buonocore, em 1955. O autor defendeu o condicionamento ácido deste tecido, inspirando-se nos benefícios adesivos obtidos a partir da utilização industrial do ácido fosfórico a 85%, em superfícies metálicas (Buonocore, 1955; Cardoso et al., 2011; Heymann et al., 2013). O tratamento ácido do esmalte constitui, ainda hoje, a melhor técnica para preparação da adesão dentária, sendo adequável em diferentes situações, na prática clínica: na aplicação de selantes de fissuras, na cimentação de *brackets* ortodônticos e nas restaurações diretas ou indiretas (Silva, 2014).

O condicionamento ácido do esmalte dissolve seletivamente os seus prismas, aumentando a energia de superfície do tecido, devido à criação de numerosas microporosidades. Esta desmineralização pode originar três padrões morfológicos diferentes: no tipo I, o mais comum, ocorre a dissolução dos núcleos prismáticos sem afeção da sua periferia; no tipo II sucede o oposto, verifica-se uma remoção da periferia dos prismas com inalteração dos seus núcleos; no tipo III, o menos frequente, prevalece um efeito assimétrico e indistinto. Após a aplicação do ácido, aquando da colocação do adesivo, os monómeros de resina penetram nas irregularidades, por difusão capilar. Estes são, depois, polimerizados *in situ*, formando *resin tags*, microretenções de resina dentro da superfície do tecido (Perdigão, 2007; Cardoso et al., 2011; Heymann et al., 2013).

A retenção micromecânica referida constitui o mecanismo fundamental da adesão ao esmalte, podendo providenciar forças adesivas de aproximadamente 40 MPa. Estas favorecem o selamento eficaz das margens da restauração, impedindo a sua descoloração marginal e a perda de retenção devido à hidrólise do adesivo e à presença de cáries secundárias (Van Meerbeek et al., 2010; Cardoso et al., 2011; Heymann et al., 2013).

### 4.4. Sistemas adesivos

A classificação dos sistemas adesivos depende da interação com o *smear layer*, ou seja, com a camada de detritos resultante da instrumentação do dente, composta por hidroxiapatite, colagénio alterado, componentes salivares e sanguíneos e outros microrganismos (Perdigão, 2007; Hilton et al., 2013). Os sistemas adesivos podem

ainda subdividir-se de acordo com os passos clínicos inerentes à sua utilização, em sistemas *Etch and Rinse* de três ou de dois passos ou em sistemas *Self-Etch* de dois ou de um passo. Atualmente, surgiram os sistemas adesivos universais que permitem uma aplicação em abordagem *Etch and Rinse* ou *Self-Etch* (Van Meerbeek et al., 2010).

#### **4.4.1. Sistemas adesivos *Etch and Rinse***

Nos sistemas adesivos *Etch and Rinse* procede-se à aplicação inicial de ácido fosfórico, com uma concentração entre os 30 e os 40%, nos tecidos duros do dente (Heymann et al., 2013). Esta prática baseia-se no conceito introduzido por Fusayama que consiste no condicionamento simultâneo do esmalte e da dentina (Pashley et al., 2011), cuja ação resulta na remoção total do *smear layer*, na desmineralização da camada superficial dos cristais de hidroxiapatite e na dissolução de 3 a 5 µm de profundidade de dentina com exposição das suas fibras de colagénio (Perdigão, 2007; Van Meerbeek et al., 2010; Cardoso et al., 2011).

Após o tratamento ácido referido e a lavagem/secagem do substrato, aplica-se o *primer* e a resina adesiva/*bond*. Estes elementos encontram-se disponíveis separadamente ou combinados numa única solução, classificando, assim, os sistemas adesivos *Etch and Rinse* em produtos de três ou de dois passos clínicos, respetivamente (Van Meerbeek et al., 2010, Cardoso et al., 2011). O *primer* é composto por monómeros, nomeadamente o hidroxietilmetacrilato (HEMA), dissolvidos em solventes orgânicos como a água, o álcool ou a acetona (Cardoso et al., 2011). Os monómeros de HEMA são moléculas bifuncionais com dois extremos, um hidrofílico com afinidade para a superfície húmida da dentina e outro hidrofóbico com ligação aos constituintes da resina adesiva. São responsáveis pela melhoria da molhabilidade e da hidrofiliabilidade do adesivo e, ainda, por assegurar a re-expansão da rede de colagénio da dentina (Cardoso et al., 2011). Os solventes orgânicos movimentam a água da superfície dentária e promovem a infiltração do adesivo nos espaços da malha de colagénio, criados pelo condicionamento ácido, levando a um aumento das forças de adesão (Cardoso et al., 2011). Por sua vez, a resina adesiva/*bond* é constituída por monómeros hidrofóbicos, sendo os mais comuns o bis-GMA (bisfenol glicidil metacrilato), o TEGDMA (tetra etileno glicol dimetacrilato) e UDMA (uretano dimetacrilato) (Alves, 2011). Estes últimos penetram na superfície, previamente preparada pelo primer, e são polimerizados *in situ*, formando a camada híbrida que, juntamente com os *resin tags* (microretenções

de resina presentes no interior da dentina), promove a retenção micromecânica necessária à adesão da restauração (Cardoso et al., 2011).

O sistema *Etch and Rinse* de três passos é considerado o *golden-standard* dos sistemas adesivos devido aos seus excelentes resultados na adesão, principalmente ao esmalte, mas igualmente à dentina (Perdigão, 2007; Van Meerbeek et al., 2010; Cardoso et al., 2011; Pashley et al., 2011). A simplificação da técnica adesiva inerente ao sistema *Etch and Rinse* de dois passos possui vantagens como a facilidade de execução e o menor tempo de procedimento, registrando, no entanto, valores adesivos inferiores devido à menor hibridização (Cardoso et al., 2011).

#### 4.4.2. Sistemas adesivos *Self-Etch*

Os sistemas adesivos *Self-Etch* recorrem a *primers* acídicos para permeabilizar a camada de *smearlayer*, não requerendo condicionamento ácido, em separado, da superfície dentária. Por esta razão, não removem a camada de *smearlayer*. Os *primers* acídicos são compostos por uma solução aquosa de monómeros acídicos funcionais, maioritariamente ésteres de ácido fosfórico ou de ácido carboxílico, com um pH superior ao gel de ácido fosfórico utilizado nos sistemas *Etch and Rinse* (Perdigão, 2007).

Os sistemas adesivos *Self-Etch* podem classificar-se em produtos de dois ou de um passo clínico, dependendo da individualização ou da conjugação do *primer* ácido e da resina adesiva/*bond* em dois frascos ou num único frasco (Perdigão, 2007). São ainda divididos, de acordo com a sua acidez, em fortes ( $\text{pH} \leq 1$ ), intermédios ( $\text{pH} \approx 1,5$ ) e suaves ( $\text{pH} \geq 2$ ) (Cardoso et al., 2011).

Os adesivos *Self-Etch* de dois passos são mais práticos, mas apresentam reservas quanto à sua efetividade e durabilidade. Posteriormente, surgiram os sistemas de um passo, numa única solução, mais acídica e hidrofílica, podendo, estas propriedades, comprometer a força e a estabilidade adesiva ao substrato (Cardoso et al., 2011) Assim, atualmente, nenhum adesivo simplificado pode competir com o sistema tradicional multi-passos, relativamente a padrões como a eficácia e a duração da adesão (Cardoso et al., 2011).



#### **4.5. Testes de resistência adesiva**

A eficácia dos adesivos, no esmalte e na dentina, pode ser analisada com recurso ao teste de resistência adesiva, possibilitando, assim, a avaliação de novos produtos e a determinação do efeito de variáveis na adesão dentária (Van Meerbeek et al., 2010; Armstrong et al., 2010). Durante anos, o teste de resistência ao cisalhamento ( $\mu$ SBS) foi o mais utilizado no estudo das forças adesivas devido à sua simplicidade laboratorial. No entanto, a geração de fraturas iniciais ou a distribuição não uniforme da força no substrato resultaram na desvalorização do método que se encontra, atualmente, presente em apenas 7% das investigações (Van Meerbeek et al., 2010; Armstrong et al., 2010). Neste âmbito, hoje em dia, mais de 60% das investigações científicas recorrem ao teste de microtração ( $\mu$ TBS) (Van Meerbeek et al., 2010), considerado o mais válido e maioritariamente aceite para o exame das forças de adesão (Salz & Bock, 2010). A sua validade depende da presença de forças uniaxiais distribuídas, homoganeamente, em tração máxima (Armstrong et al., 2010).

##### **4.5.1. Teste da microtração**

O teste de microtração ( $\mu$ TBS) foi introduzido por Sano et al. (1994), permitindo avaliar a força de tração e o módulo de elasticidade da dentina mineralizada e desmineralizada. Atualmente, este teste é amplamente conhecido e aplica-se tanto na dentina como no esmalte.

A força adesiva por microtração é calculada através da razão entre a força de tração no momento da fratura e a área transversal da interface da amostra (Sano et al., 1994; Armstrong et al., 2010). Para isso, é necessário respeitar o protocolo na preparação e na execução do estudo, especificado na norma ISO/TS 11405, 2015. Esta última descreve quais os tipos de dentes a usar, enumera as suas características e indica o período de armazenamento das amostras e a sua forma de desinfeção (ISO, 2015).

##### **4.5.1.1. Fatores que influenciam o teste $\mu$ TBS**

Vários fatores podem influenciar os resultados do teste de microtração, a saber: o método de fixação das amostras no jig; as propriedades mecânicas do adesivo e dos aderentes; e a forma da amostra (Armstrong et al., 2010).

#### **4.5.1.2. Vantagens do uso do teste $\mu$ TBS**

A utilização do teste de microtração no estudo da resistência adesiva é benéfico já que este último constitui um método conservador da estrutura dentária, permitindo a obtenção de múltiplas amostras a partir de um único dente. Possibilita, além disso, a mensuração da força adesiva em regiões dentárias específicas; avalia as médias e as variâncias de um dente; assegura forças adesivas iniciais elevadas, uma maior quantidade de fraturas adesivas e uma menor percentagem de fraturas coesivas; permite a avaliação de áreas irregulares, muito reduzidas ( $\approx 1\text{mm}^2$ ), facilitando a sua posterior examinação no microscópio eletrónico de varrimento (SEM); e analisa os efeitos do *stress* inerente à contração de polimerização dos materiais resinosos (Armstrong et al., 2010; Van Meerbeek et al., 2010; Salz & Bock, 2010).

#### **4.5.1.3. Desvantagens e limitações do teste $\mu$ TBS**

Apesar das vantagens citadas, o teste de microtração possui igualmente algumas limitações e dificuldades que podem alterar os resultados da resistência adesiva, refira-se: a sua execução é trabalhosa, tecnicamente exigente e necessita de equipamento especial; o tamanho reduzido das amostras favorece a sua desidratação num curto espaço de tempo; e os valores de força adesiva inferiores a 5 MPa são difíceis de medir com recurso a este teste (Armstrong et al., 2010; Meerbeek et al., 2010; Salz & Bock, 2010).

## **5. Relevância clínica do estudo**

Nas técnicas de branqueamento externo recorre-se a um agente ativo comum, o peróxido de hidrogénio, extremamente eficaz na remoção da pigmentação intrínseca e na alteração da cor natural do dente. No entanto, o seu uso encontra-se geralmente associado a alguns efeitos adversos como a sensibilidade dentária e a irritação gengival que podem, por vezes, levar à interrupção do tratamento. Outro efeito conhecido é a diminuição das forças adesivas nas restaurações, nos dias seguintes ao branqueamento. Assim, para solucionar estas consequências surgiu, recentemente, no mercado, um novo gel, sem peróxido de hidrogénio. O presente estudo pretende esclarecer a eficácia branqueadora deste produto e avaliar a sua influência na adesão da resina composta ao esmalte.

## **II. OBJETIVOS**

O presente estudo tem como objetivos:

- ⇒ Avaliar a eficácia do branqueamento em dentes sujeitos à ação de géis com e sem peróxido de hidrogénio.
- ⇒ Avaliar a resistência adesiva ao esmalte, por microtração, em dentes sujeitos a branqueamento com géis com e sem peróxido de hidrogénio.

### **Hipóteses de Estudo**

Hipótese Nula 1: Não existem alterações significativas na cor entre dentes sujeitos a branqueamento com e sem peróxido de hidrogénio.

Hipótese Nula 2: Não existem alterações significativas na resistência adesiva ao esmalte por microtração entre dentes sujeitos a branqueamento com e sem peróxido de hidrogénio.

Hipótese Alternativa 1: Existem alterações significativas na cor entre dentes sujeitos a branqueamento com e sem peróxido de hidrogénio.

Hipótese Alternativa 2: Existem alterações significativas na resistência adesiva ao esmalte por microtração entre dentes sujeitos a branqueamento com e sem peróxido de hidrogénio.

### **III. MATERIAIS E MÉTODOS**

Para a realização do presente estudo, aprovado pela Comissão de Ética do Instituto Superior de Ciências da Saúde Egas Moniz (ISCSEM) (Anexo 1), foram utilizados 20 molares humanos, sem cáries ou restaurações, extraídos há menos de seis meses por motivos periodontais ou ortodônticos e cedidos pelo Banco de Dentes Humanos da Clínica Universitária Egas Moniz. Imediatamente após a extração, os dentes foram armazenados em água desionizada a 4°C.

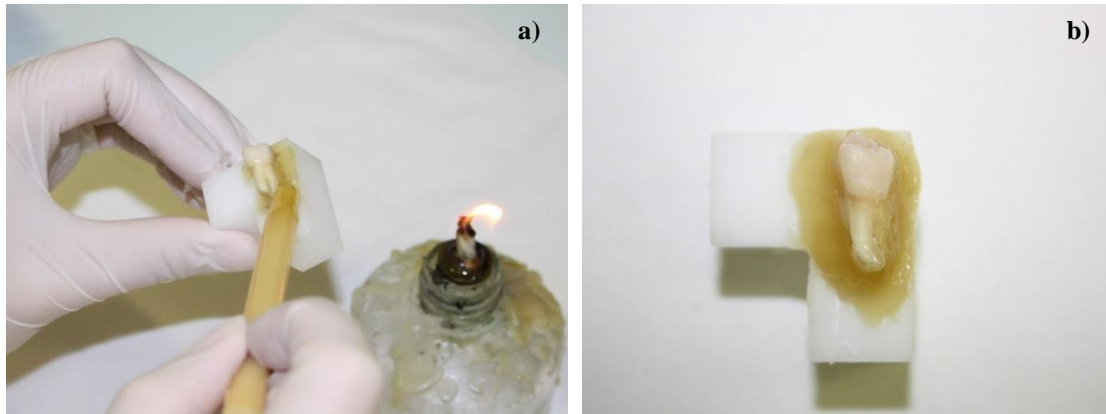
Primeiramente, procedeu-se à raspagem manual dos molares, com curetas gracey, para remoção do tecido orgânico remanescente (Figura 3). Em seguida, foram colocados numa solução de cloramina trihidratada a 0,5%, não excedendo o período de uma semana, duração estabelecida pela norma ISO 11405: 2015. Após a desinfecção, os dentes foram novamente guardados em água desionizada a 4°C, renovada semanalmente até iniciar o processo branqueador.



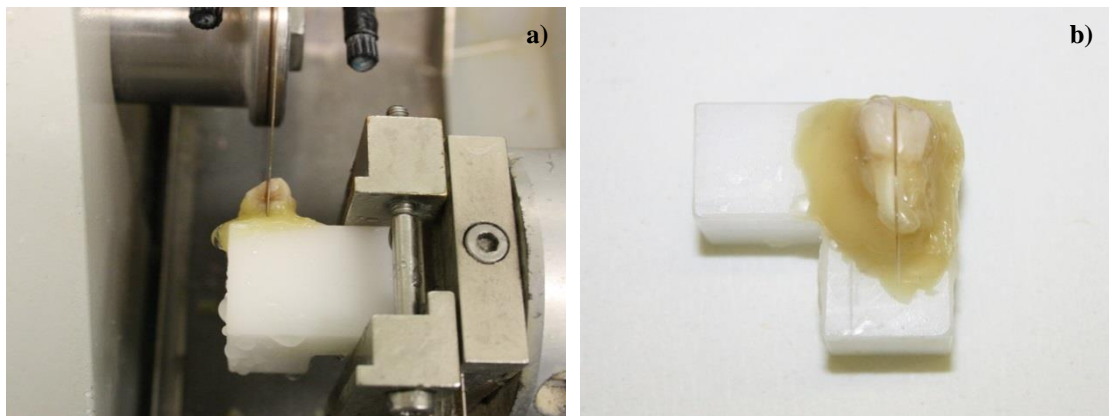
**Figura 3** - Remoção do tecido orgânico dentário com uma cureta

Seguidamente, os dentes foram seccionados no sentido vestibulo-lingual, em metades idênticas, preservando as suas faces mesiais e distais. Para tal, foram fixados em blocos, com recurso a uma cera colante (Sticky Wax, Kemdent®, Wiltshire, Inglaterra) e a uma lamparina (Figura 4), e depois colocados no micrótomato de tecidos duros Accutom-50

(Struers, Ballerup, Dinamarca) (Figura 5) programado para efectuar um corte único a uma velocidade de 0,125 mm/min (Figura 6), obtendo-se um total de 40 fragmentos.



**Figura 4 - a)** Fixação do dente no bloco com cera; **b)** Dente fixo no bloco



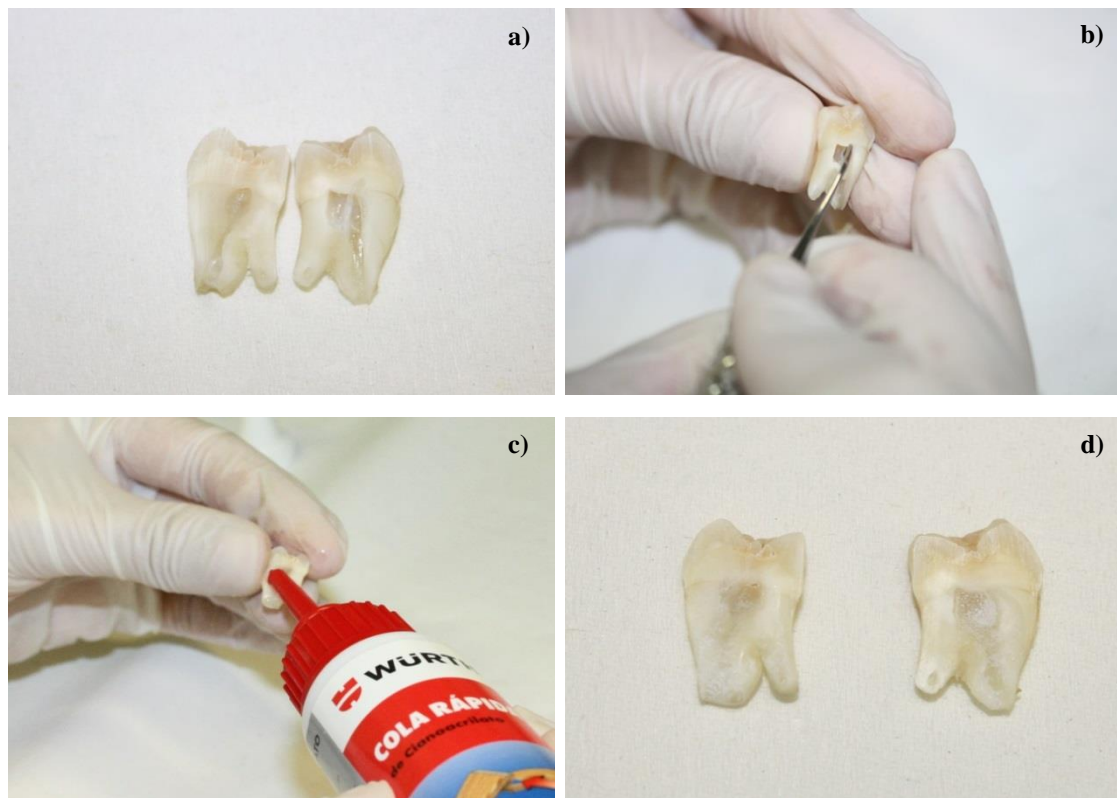
**Figura 5 - a)** Micrótomo de tecidos duros Struers Accutom-50; **b)** Bloco corretamente posicionado para execução do corte;



**Figura 6 - a)** Corte único no sentido vestibulo-lingual do dente; **b)** Dente seccionado no sentido vestibulo-lingual, em metades idênticas, com as faces mesial e distal intactas;

Após o corte, foi removido o tecido do interior da câmara pulpar das amostras, com o auxílio de curetas gracey (Figura 7 a; b). O espaço resultante foi, em seguida,

selado com cola de cianocrilato (Wurth, Sintra, Portugal), tal como representado na (Figura 7 c; d).



**Figura 7** - **a)** Dente aberto com exposição da câmara pulpar; **b)** Remoção do tecido do interior da câmara pulpar com uma cureta; **c)** Selamento do espaço da câmara pulpar com cola de cianocrilato; **d)** Dente devidamente selado.

Ulteriormente, as amostras foram, aleatoriamente, distribuídas em dois grupos, conforme o gel de branqueamento a aplicar: o grupo PH (n=20) - gel *White Class 6%* (FGM, Joinville SC, Brasil) e o grupo SPH (n=20) – gel *beconfi<sup>®</sup> Dent Peroxide Free* (beconfi<sup>®</sup> Dent, Helsingborg, Suécia) (Tabela 1).

Após a preparação das amostras, foi medida a cor inicial dos fragmentos dos grupos PH e SPH, antes da aplicação dos géis de branqueamento dentário, recorrendo a um espectrofotómetro, o *Spectroshade Micro Optic* (MHT Optic Research, Niederhasli, Switzerland) (Figura 8) e a um frasco, onde se fixaram os fragmentos.



**Figura 8** - Espectrofotómetro, *Spectroshade Micro Óptic* (MHT)



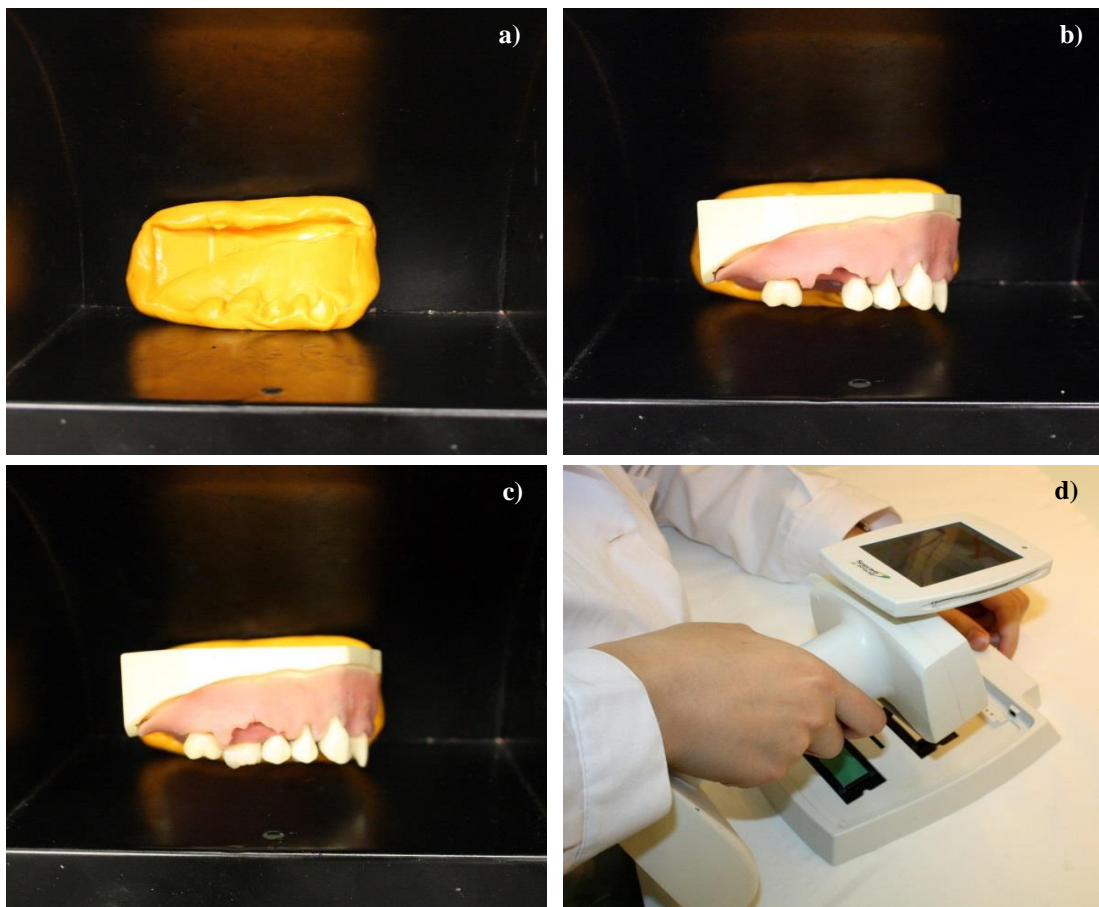
Antes da medição, a reprodutibilidade e a precisão da leitura da cor foram asseguradas pela:

- Criação de uma base de silicone com *Elite*<sup>®</sup> HD+ (Zhermack clinical, Rovigo, Itália), adaptada ao frasco, para fixação do mesmo, garantindo condições de medição (luz, inclinação e meio envolvente) iguais em todas as mensurações (Figura 9 a).

- Recriação, no frasco, de um ambiente semelhante ao da cavidade oral (gengiva, dentes adjacentes e pontos de contacto), requisito fundamental para a deteção da amostra pelo aparelho (Figura 9 b).

- Colocação da base de silicone e do frasco numa caixa de cor preta, evitando interferências e alterações da luz incidente no objeto (Figura 9 c).

- Calibração regular do *Spectroshade Micro Optic* através da medição da cor branca e da cor verde presentes na base do aparelho (Figura 9 d).



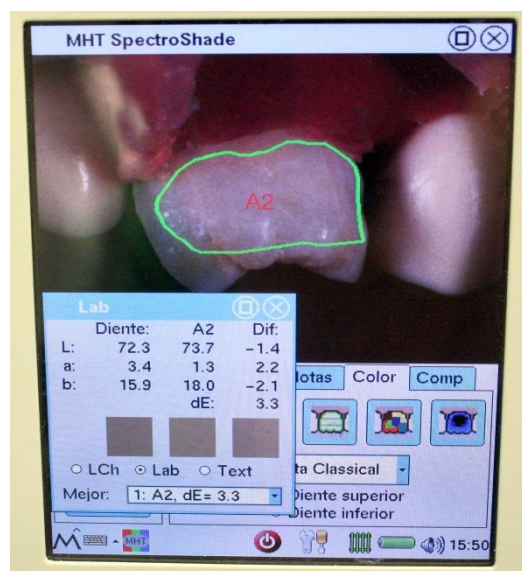
**Figura 9** - a) Base de silicone adaptada ao frasco; b) Frasco com condições semelhantes à da cavidade oral; c) Conjunto base de silicone, frasco e amostra, no interior da caixa preta; d) Calibração do *Spectroshade Micro Optic*.



Em seguida, procedeu-se à medição da cor inicial, com os fragmentos humedecidos. Durante a mensuração, o mostrador do Spectroshade Micro Optic apresentou uma linha vermelha, laranja ou verde, consoante a inclinação do aparelho em relação ao fragmento. As medições foram efetuadas apenas com a presença da linha verde, possibilitando, assim, uma avaliação correta da cor, com parâmetros de leitura constantes a todas as medidas (Figura 10). Foram feitas três medições por amostra, recolhidos os dados referentes ao sistema CIE L\*a\*b\* e calculada a média dos resultados obtidos (Figura 11). Depois do registo da informação necessária, os fragmentos dos grupos PH e SPH foram novamente imersos em água desionizada, a 4°C, até iniciar o processo de branqueamento das amostras.



**Figura 10** - Presença da linha verde na medição da cor da amostra.



**Figura 11** - Dados da cor inicial da amostra no sistema CIE L\*a\*b\*.

As amostras foram, posteriormente, retiradas da água desionizada e secas com compressas esterilizadas. Em seguida, foram aplicados, nos grupos PH e SPH, os géis de branqueamento *White Class 6%* (FGM, Joinville SC, Brasil) (Figura 12 a) e *beconfi® Dent Peroxide Free* (beconfi®Dent, Helsingborg, Suécia) (Figura 12 b), respetivamente, tal como anteriormente referido. A Tabela 1 apresenta as características dos géis utilizados neste estudo.



**Figura 12** - a) Gel de branqueamento *White Class 6%* (FGM, Joinville SC, Brasil), com peróxido de hidrogénio a 6%; b) Gel de branqueamento *beconfi<sup>®</sup>Dent Peroxide Free* (beconfi<sup>®</sup>Dent, Helsingborg, Suécia), sem peróxido de hidrogénio.

Grupos	Produto	Fabricante	Composição Química	Ph	Lote
PH	<i>White Class 6%</i>	FGM Av. Edgar Nelson Meister, 474 89219-501 - Joinville - SC - Brasil	Peróxido de hidrogénio a 6%, carbopol neutralizado, nitrato de potássio, fluoreto de sódio, aloe vera, gluconato de cálcio, estabilizante, umectante, água desionizada	Neutro (6-7)	250914
SPH	<i>beconfi<sup>®</sup>Dent Peroxide Free</i>	beconfiDent Makadamgata n 16 25464 Helsingborg, Sweden	Bicarbonato de sódio orgânico natural, glicerina orgânica vegetal, nitrato de potássio, estratos aromatizantes sem glúten, xylitol natural, carbomero 940, sorbitol, solução de aloé, extrato de semente de romã, extrato de camomila e fluoreto de sódio	Neutro (6.8)	1404

**Tabela 1** – Grupo, fabricante, composição química e lote dos géis de branqueamento *White Class 6%* (FGM) e *beconfi<sup>®</sup>Dent Peroxide Free* (beconfi<sup>®</sup>Dent).

<b>Produto</b>	<b>Instruções do Fabricante</b>
<i>White Class 6%</i> (FGM, Joinville SC, Brasil)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pressionar o êmbolo da seringa e aplicar uma gota de gel de branqueamento dentro de cada compartimento da moldeira;</li> <li>- Deixar o gel atuar durante 90 minutos;</li> <li>- Remover com uma compressa o máximo possível de gel;</li> <li>- Lavar de seguida com água em abundância;</li> <li>- Repetir o processo uma vez por dia durante 15 dias ou até atingir os resultados pretendidos.</li> </ul>
<i>beconfi<sup>®</sup>Dent Peroxide Free</i> (beconfi <sup>®</sup> Dent, Helsingborg, Suécia)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Escovar os dentes, sem pasta dentífrica;</li> <li>- Aplicar 0,5 ml de gel de branqueamento na moldeira;</li> <li>- Deixar o gel atuar durante 15 minutos;</li> <li>- Retirar a moldeira, remover com uma compressa o máximo possível de gel;</li> <li>- Lavar de seguida com água;</li> <li>- Limpar os dentes suavemente sem pasta dentífrica;</li> <li>- Repetir o processo uma vez por dia durante 10 dias ou até atingir os resultados pretendidos.</li> </ul>

**Tabela 2** - Instruções do fabricante referentes aos géis de branqueamento *White Class 6% (FGM)* e *beconfi<sup>®</sup>Dent Peroxide Free (beconfi<sup>®</sup>Dent)*.

Após a aplicação dos produtos, em toda a face coronária das amostras, o grupo PH e o grupo SPH permaneceram em contacto com o gel com e sem peróxido de hidrogénio durante 1h30min e 15 min, nesta ordem, segundo instruções do fabricante (Tabela 2). Neste período, os fragmentos foram dispostos em duas caixas de petri, cobertas por compressas esterilizadas, humedecidas com água desionizada, mantendo-os hidratados (Figura 13). Passado o tempo recomendado, as amostras foram limpas com água desionizada.



**Figura 13** - Processo de Branqueamento das amostras dos Grupos PH e SPH

O procedimento referido repetiu-se no grupo PH e no grupo SPH uma vez por dia, durante 15 e 10 dias, nesta ordem, de acordo com o fabricante. Entre as aplicações dos géis, as amostras foram imersas em frascos fechados esterilizados, contendo saliva artificial (Fusayama et al., 1963), guardados numa estufa (Memmert INE 400, Memmert, Alemanha) a 37°C (Figura 14). Trocou-se a saliva artificial de cada frasco diariamente.



**Figura 14** - Amostras guardadas em saliva artificial na estufa (Memmert INE 400, Memmert, Alemanha) a 37°C.





Logo após o termo do processo de branqueamento, mediu-se novamente a cor dos fragmentos dos grupos PH e SPH com o auxílio do *Spectroshade Micro Optic*. A técnica e as condições de medição foram idênticas às da mensuração da cor inicial das amostras, já descritas.

Imediatamente depois do registo da cor final, foram seleccionados cinco fragmentos de cada grupo para preparação para o estudo da resistência adesiva por microtração (Figura 15).



**Figura 15** - Cinco amostras seleccionadas para preparação para o estudo da resistência adesiva ao esmalte por microtração.

As amostras foram lavadas com água desionizada, durante 5 segundos. De seguida simulou-se a camada de *smear layer* na área de esmalte exposta ao gel de branqueamento, numa polidora (LaboForce-1, Struers, Dinamarca) com uma lixa SiC de grão 600 (Buehler® Ltd, Lake Bluff, IL, EUA) durante 60 segundos (Figura 16 a). A face polida foi, posteriormente, condicionada com um gel de ácido ortofosfórico a 37,5% (3M ESPE, St.Paul, USA) (Tabela 3), segundo instruções do fabricante (Tabela 4) (Figura 16 b; c; d) e submetida a um sistema adesivo etch and rinse de três passos, o OptiBond™ FL (Kerr, Scafati, Italy) (Tabela 3) novamente de acordo com as recomendações do fabricante (Tabela 4) (Figura 17).

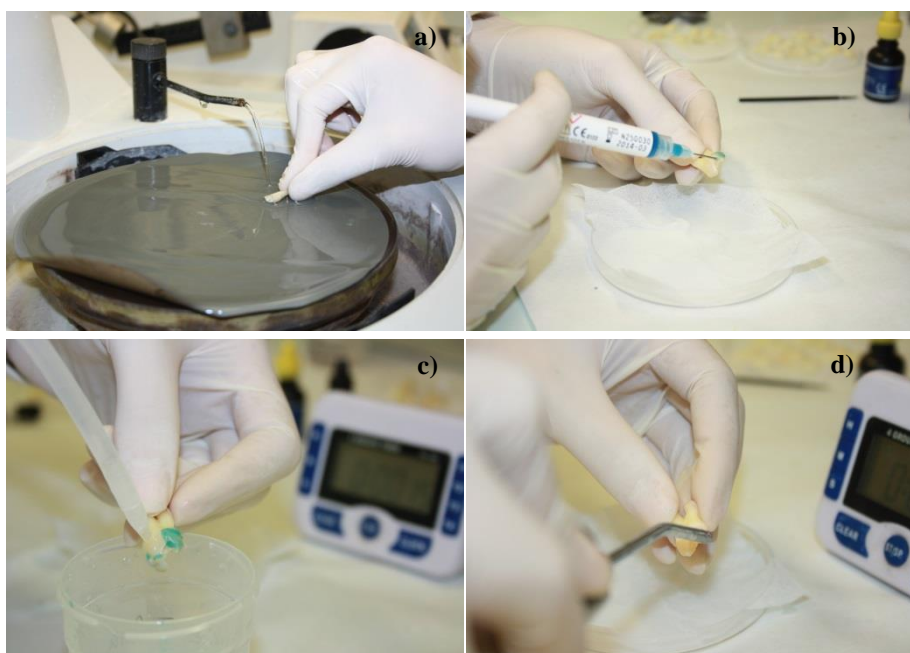
Produto		Fabricante	Composição Química	Lote
<i>Scotchbond etchant</i>		3M ESPE St. Paul, MN 55144- 1000 USA	Ácido Ortofosfórico a 37,5%	250030
<i>Optibond™ FL</i>		Kerr Via Passanti, 332 1-84018 Scapati(SA) Italy	<i>Primer:</i> água, álcool, resinas alquildimetacrilato	5288011
			<i>Bond:</i> trietilenoglicol dimetacrilato, Monómeros de éster de metilacrilato	5233820
<i>Filtek™ Z250</i>		3M ESPE St. Paul, MN 55144- 1000 USA	Bis-GMA, UDMA, TEGDMA e Bis- EMA partículas de zircônio / sílica de 0,01 a 3,5 µm (tamanho médio de 0,6 µm)	N587119

**Tabela 3** - Fabricante, composição química e lote dos produtos utilizados: *Scotchbond etchant*, *Optibond™ Fl* e *Filtek™ Z250*.

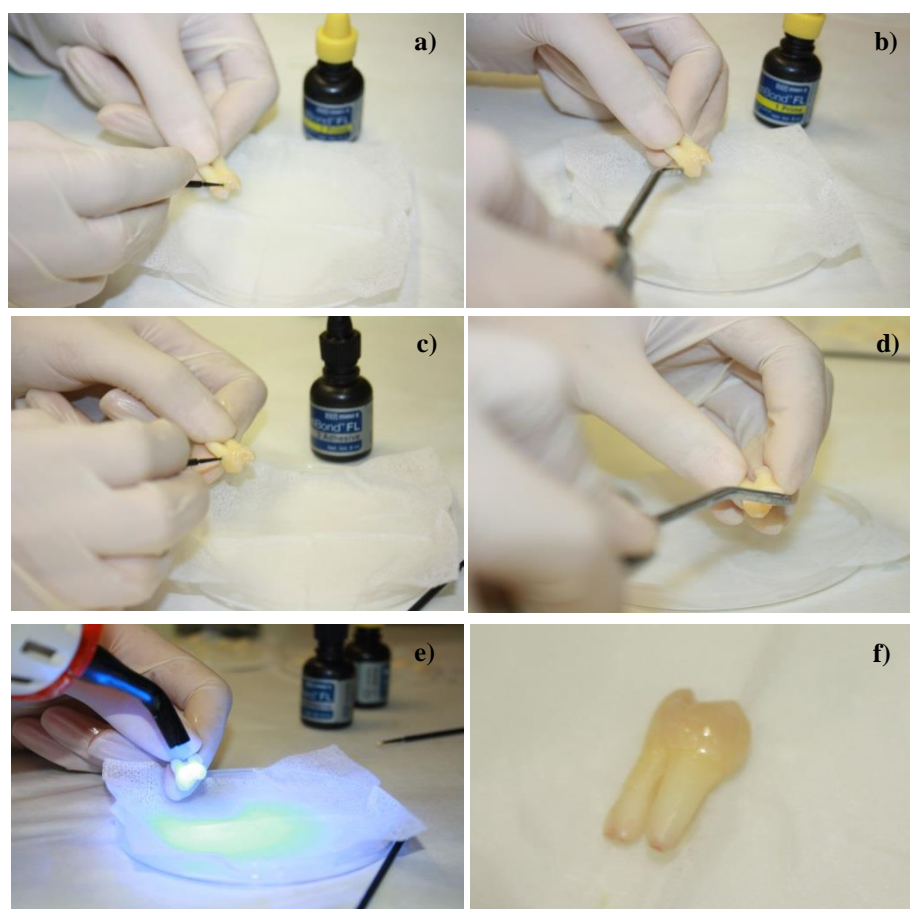
<b>Produto</b>	<b>Instruções do Fabricante</b>
<i>Scotchbond Etchant</i> (3M ESPE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplicar o ácido na face do esmalte durante 15 segundos;</li> <li>- Lavar e secar, sem desidratar</li> </ul>
<i>Optibond</i> <sup>TM</sup> <i>FL</i> (Kerr)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplicar o ácido ortofosfórico Kerr a 37,5% na superfície a restaurar por 15 segundos e lavar com água até obter uma eliminação completa do ácido e secar a superfície com cuidado para não desidratar. (não se aplicou no estudo porque foi usado o <i>Scotchbond Etchant</i>);</li> <li>- Aplicar o <i>Optibond</i> <sup>TM</sup> <i>FL primer</i> na superfície, com movimentos de fricção por 15 segundos. Secar com jacto de ar suave por 15 segundos;</li> <li>- Aplicar uniformemente o adesivo <i>Optibond</i> <sup>TM</sup> <i>FL</i> na superfície uma camada fina. Espalhar até às margens com leve aplicação de ar. Fotopolimerizar por 20 segundos.</li> </ul>
<i>Filtek</i> <sup>TM</sup> <i>Z250</i> (3M ESPE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplicar camadas de 2 mm ou 2,5 mm de espessura;</li> <li>- Adaptar o material com o instrumento apropriado;</li> <li>- Fotopolimerizar cada camada de 2 mm durante 20 segundos, quando utilizada uma fonte de luz halogénea ou LED com intensidade mínima de 400 mW / cm<sup>2</sup>.</li> </ul>

**Tabela 4** - Instruções do fabricante referentes aos produtos *Scotchbond etchant* (3M ESPE), *Optibond* <sup>TM</sup> *FL* (Kerr) e *Filtek* <sup>TM</sup> *Z250* (3M ESPE).





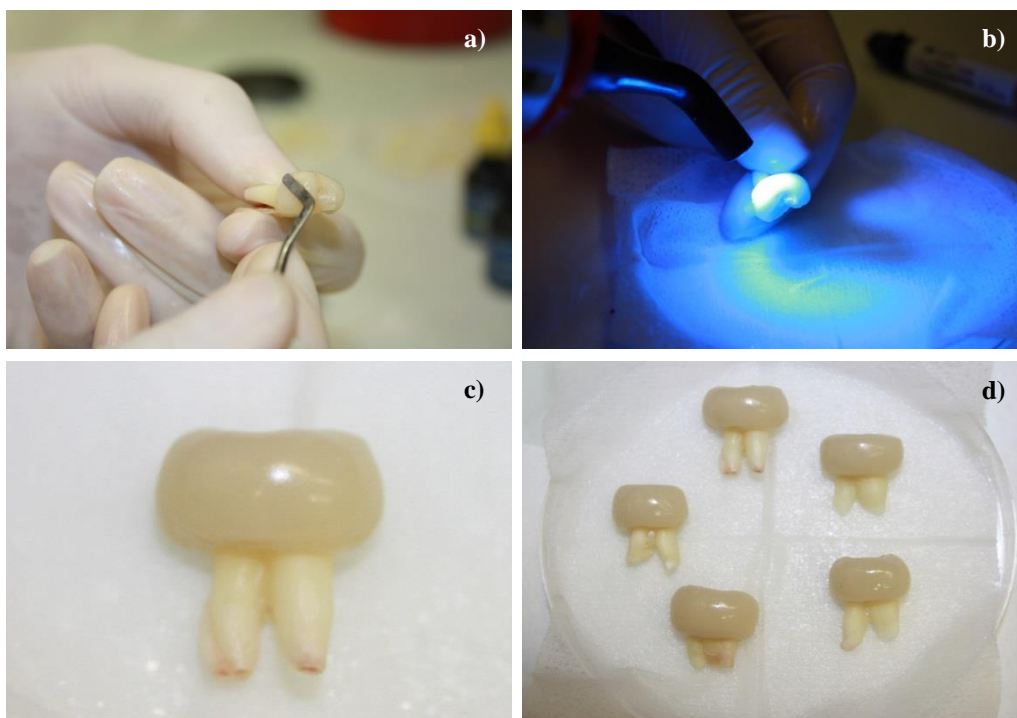
**Figura 16** - a) Simulação da camada de *smearlayer* na polidora, com uma lixa SiC de grão 600; b) Condicionamento ácido da superfície a restaurar; c) Lavagem da superfície; d) Secagem superfície.



**Figura 17** - a) Aplicação do *primer*; b) Secagem da superfície; c) Aplicação do *bond*; d) Secagem da superfície; e) Fotopolimerização da superfície; f) Dente preparado com o sistema adesivo *Optibond™ FL*.



Seguidamente, aplicou-se a resina composta *Filtek™ Z250* (3M ESPE) (Tabela 3) de cor A2, segundo os dados do fabricante (Tabela 4) (Figura 18 a), com incrementos de 2 mm até perfazer um bloco com uma altura mínima de 6 mm (Figura 18 c; d). Após cada incremento de 2 mm, procedeu-se à fotopolimerização da resina por 20 segundos com o fotopolimerizador *Optilux 501* (sds Kerr, Orange, EUA), com uma radiação mínima de 500 mW/cm<sup>2</sup> (Figura 18 b). Esta última foi medida com um radiómetro *Optilux Radiometer* (Kerr, Orange, EUA) a cada 10 utilizações.



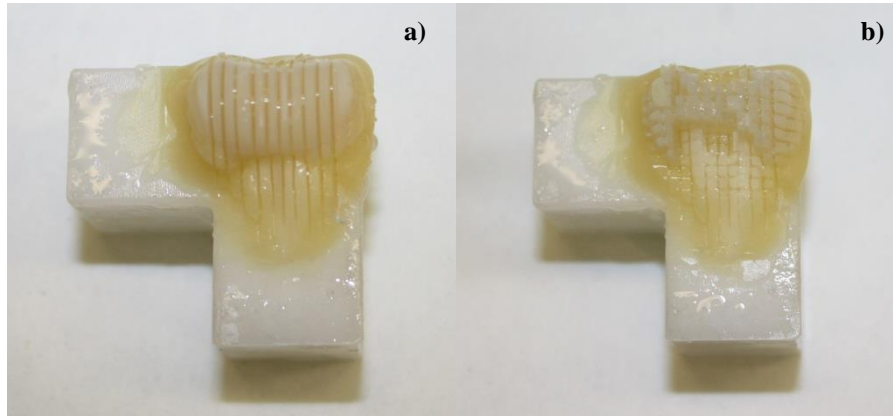
**Figura 18** - a) Aplicação da resina composta na superfície anteriormente preparada com o sistema adesivo *Optibond™ FL*; b) Fotopolimerização dos incrementos de resina; c) Dente preparado para o teste da microtração; d) Cinco amostras preparadas para o estudo da resistência adesiva ao esmalte por microtração.

Terminada a construção do bloco de resina, os cinco fragmentos restaurados foram armazenados em água desionizada, numa estufa (Memmert INE 400, Memmert, Alemanha) a 37°C, por um período de 24 horas, tempo necessário à polimerização completa do adesivo e da resina composta.

### **1. Teste da microtração**

Passado o tempo determinado, foram confeccionados palitos, com aproximadamente 1mm<sup>2</sup> de área, sujeitos, posteriormente, ao teste de microtração (Figura 20). Para tal, os fragmentos restaurados foram fixados em blocos, com recurso a

cera colante (Sticky Wax, Kemdent<sup>®</sup>, Wiltshire, Inglaterra), e colocados no micrótopo de tecidos duros, Accutom-50 (Struers, Ballerup, Dinamarca). Este último foi programado para realizar cortes múltiplos à velocidade de 0,125 mm/min, distanciados entre si  $1 \pm 0,3 \text{ mm}^2$ , nas direções x e y, produzindo, assim, palitos com a secção desejada (Figura 19). Por fim, efetuou-se um corte único para individualizar os palitos.



**Figura 19** - Dente sujeito a cortes múltiplos, distanciados entre si  $1 \pm 0,3 \text{ mm}^2$ , na direção y (a) e na direção x (b).



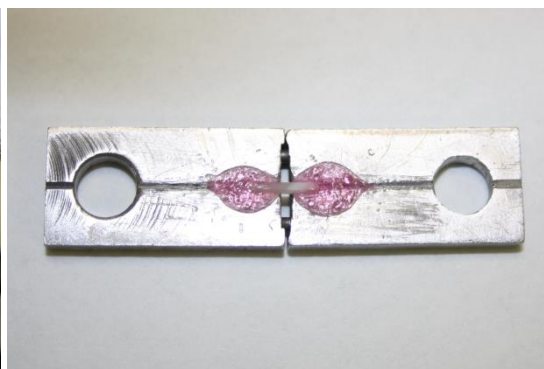
**Figura 20** - Palitos de esmalte e resina composta

Os palitos foram, em seguida, medidos com uma craveira digital (Maachi, Digital Caliper, BS Pyromatic, India), nos sentidos x e y, no local mais próximo da interface esmalte/resina, permitindo, desta forma, calcular a área da fratura (Figura 21). Foram depois colados num jig de aço inoxidável com cola de cianocrilato Zapit<sup>®</sup> (Dental Ventures of America, Corona, CA, EUA) (Figura 22). O jig foi introduzido na máquina de testes universal (Shimadzu Autograph AG-IS, Tokyo, Japão) (Figura 23 e Figura 24), previamente programada para submeter os palitos a uma carga de tração à

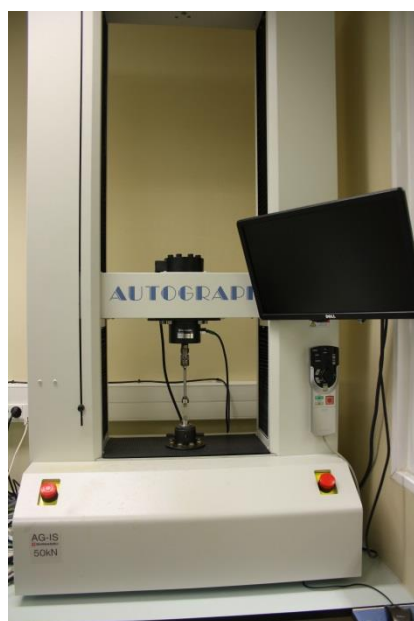
velocidade de 0,5mm/min. O teste de cada amostra foi feito com valores iniciais de força e de velocidade nulos.



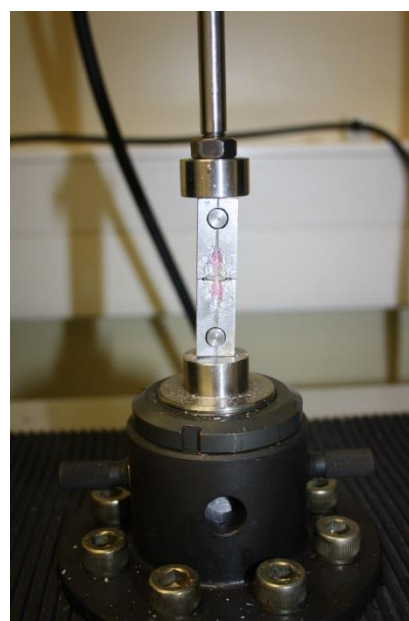
**Figura 21** - Medição de um palito, na zona da interface esmalte/resina, no sentido x e y, com uma craveira digital.



**Figura 22** - Palito fixo no jig através de cola de cianocrilato *Zapit* (Dental Ventures of America, Corona, CA, EUA).



**Figura 23** - Máquina de testes universal (Shimadzu Autograph AG-IS, Tokyo, Japão).



**Figura 24** - Jig colocado na máquina de testes universal para execução do teste da microtração.

Após a fratura do palito, analisou-se o local de rutura, com o auxílio de uma lupa estereoscópica (Leica ATC2000, Leica Microsystems, Buffalo, EUA), classificando a fratura em adesiva, coesiva em esmalte, coesiva em resina ou mista.

Os resultados obtidos, neste estudo, foram validados com o programa estatístico SPSS (IBM SPSS Statistics V 23). Assim, procedeu-se à análise da variável cor com

recurso ao teste ANOVA de medições repetidas do tipo misto. Para a análise dos resultados da resistência adesiva ao esmalte por microtração, avaliaram-se os pressupostos para a aplicação do teste t, em amostras independentes, nomeadamente a normalidade e a homocedasticidade da distribuição dos dados. Após a verificação da rejeição da normalidade da distribuição dos dados no grupo PH e face à sua dimensão ( $n < 30$ ), aplicou-se o teste de Mann-Whitney, em detrimento do teste t.

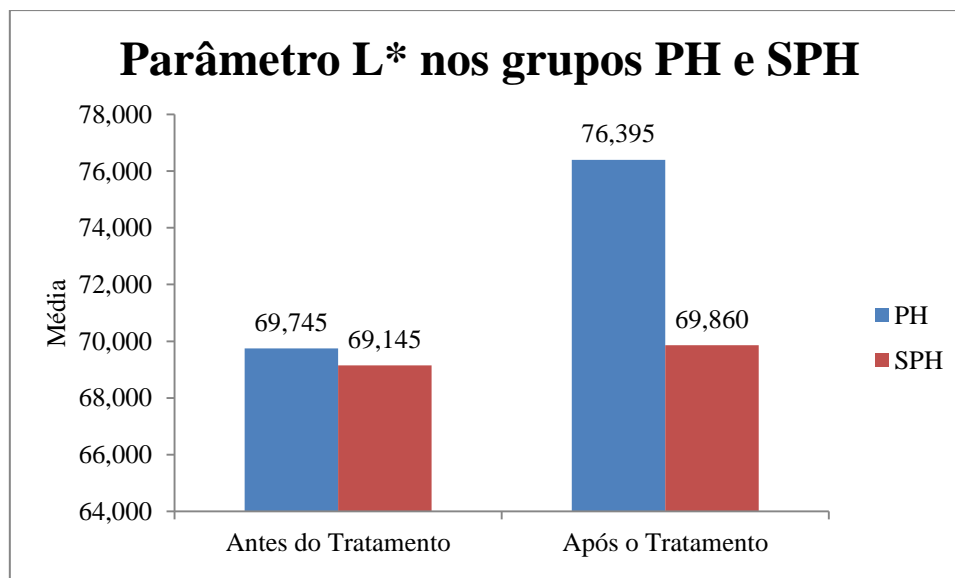
## IV. RESULTADOS

### 1. Cor

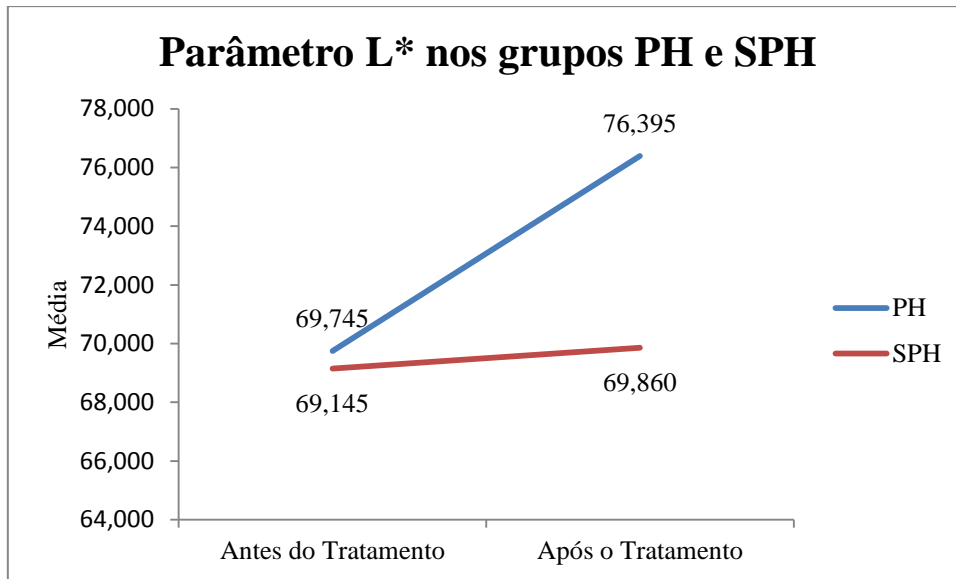
Grupo	Coordenada	Medição				$\Delta$	
		Inicial		Final		Média	Desvio Padrão
		Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão		
PH	L*	69,745	3,193	76,395	2,342	6,650	-0,851
	a*	3,110	1,106	1,215	0,560	-1,895	-0,546
	b*	17,260	2,618	11,000	1,298	-6,260	-1,320
SPH	L*	69,145	2,330	69,860	2,329	0,715	-0,001
	a*	3,990	1,358	3,835	1,458	-0,155	0,099
	b*	19,970	2,549	19,645	2,746	-0,325	0,197

**Tabela 5** - Registo da média e do desvio padrão do L\*, a\* e b\* e das suas variações, nas amostras dos grupos PH e SPH.

#### 1.1. Parâmetro L\*

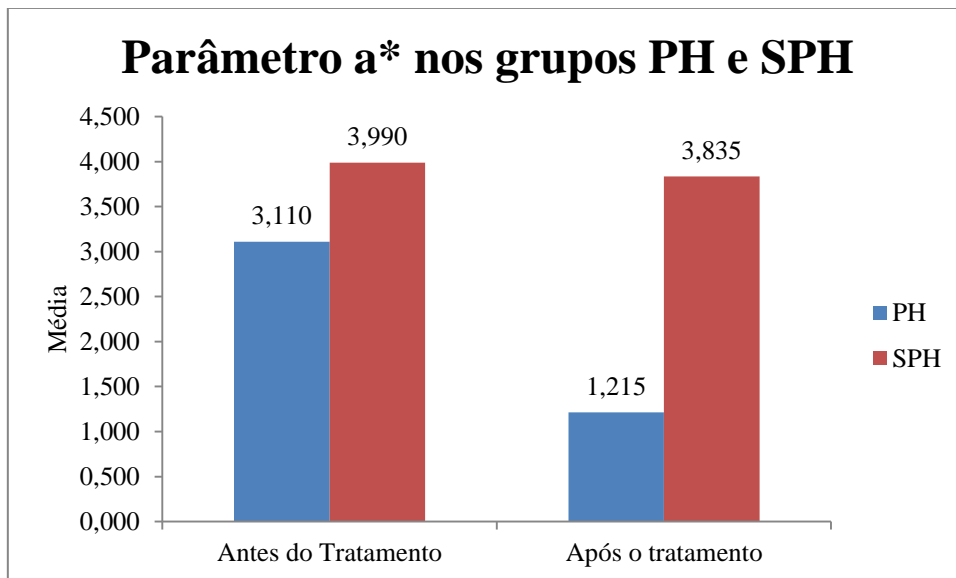


**Figura 25** - Gráfico das médias do parâmetro L\*, nos grupos PH e SPH, antes e após o tratamento com os géis de branqueamento.

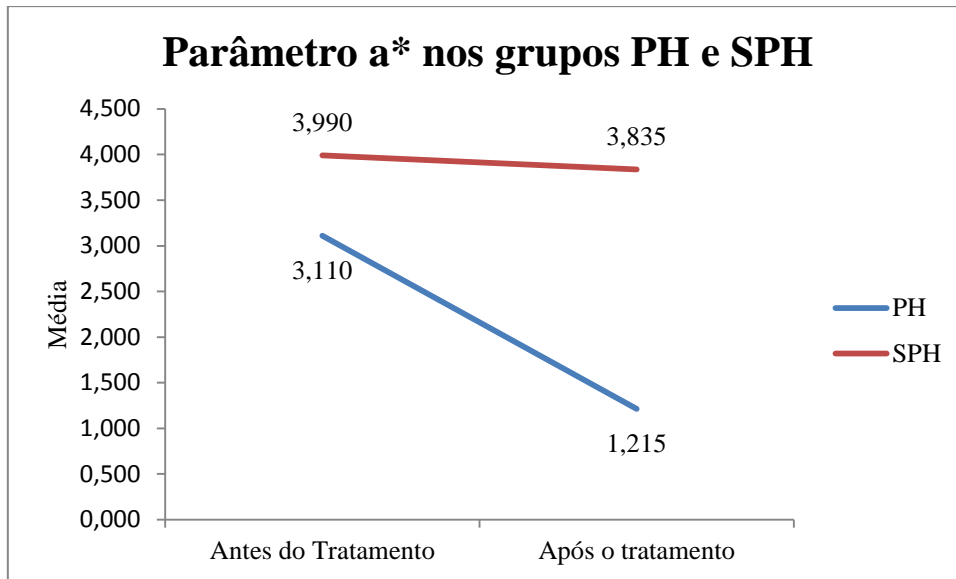


**Figura 26** - Gráfico da evolução da média do parâmetro L\*, nos grupos PH e SPH, durante o tratamento com os géis de branqueamento.

### 1.2. Parâmetro a\*

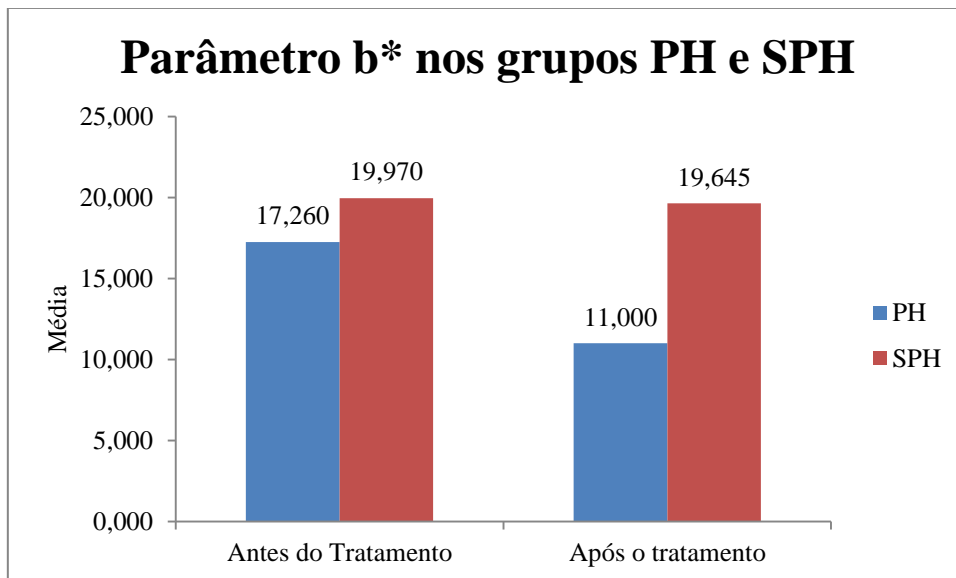


**Figura 27** - Gráfico das médias do parâmetro a\*, nos grupos PH e SPH, antes e após o tratamento com os géis de branqueamento.

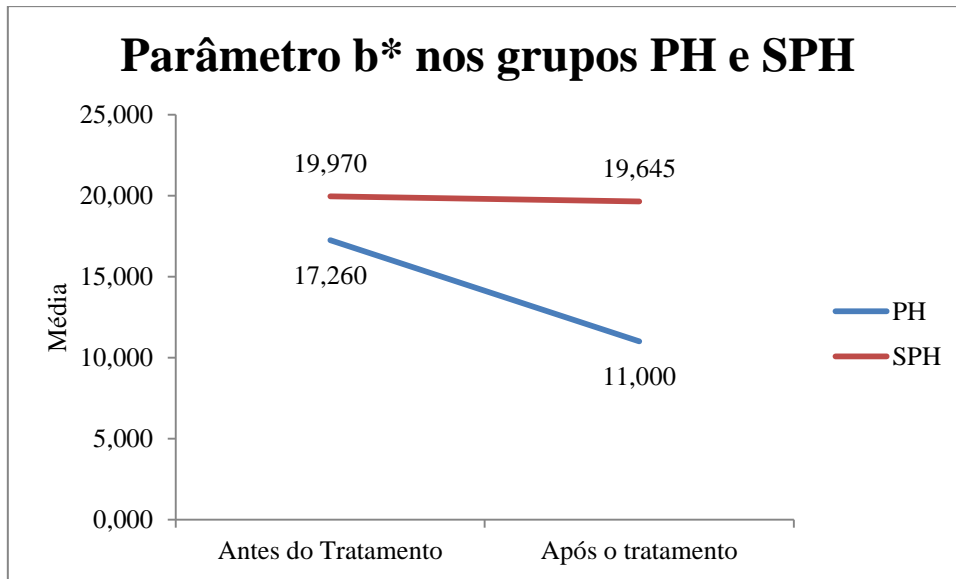


**Figura 28** - Gráfico da evolução da média do parâmetro a\*, nos grupos PH e SPH, durante o tratamento com os géis de branqueamento.

### 1.3. Parâmetro b\*



**Figura 29** - Gráfico das médias do parâmetro b\*, nos grupos PH e SPH, antes e após o tratamento com os géis de branqueamento.



**Figura 30** - Gráfico da evolução da média do parâmetro b\*, nos grupos PH e SPH, durante o tratamento com os géis de branqueamento.

## 2. Resistência adesiva ao esmalte por microtração

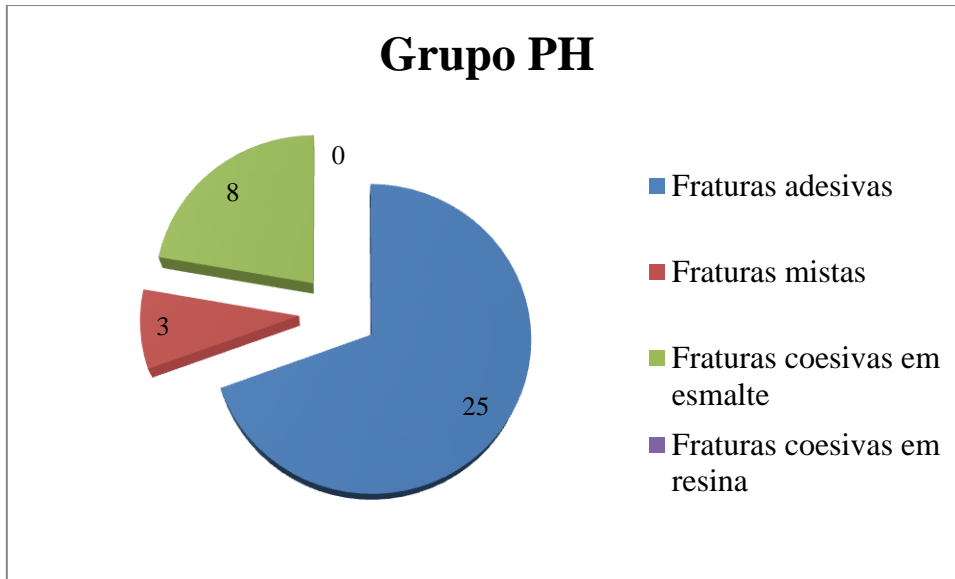
### 2.1. Fraturas adesivas

Grupo	Média	Desvio Padrão	N
PH	23,253	13,908	25
SPH	32,475	15,807	27

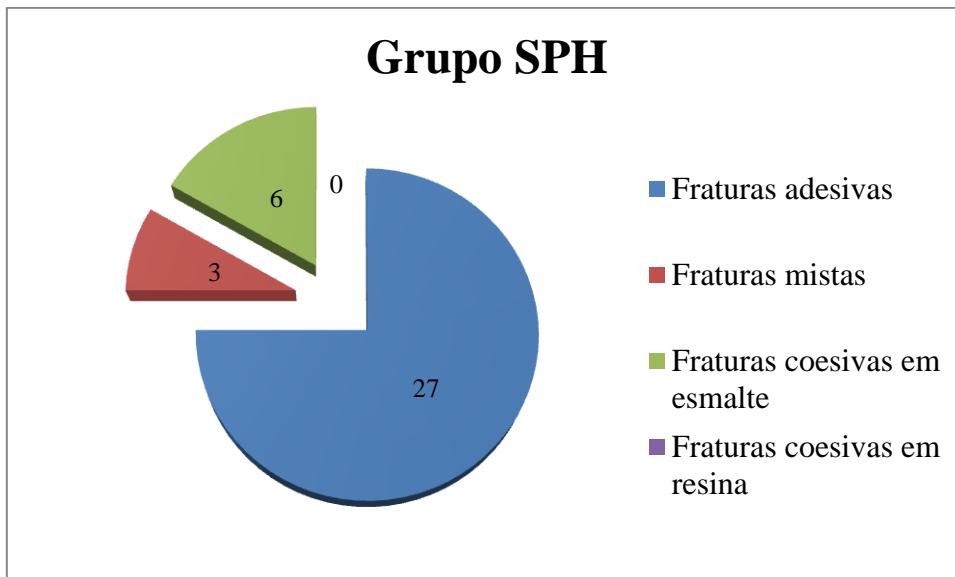
**Tabela 6** - Registo da média, do desvio padrão e do número de palitos de cada grupo



## 2.2. Tipos de fraturas ocorridas nos grupos PH e SPH



**Figura 31** - Gráfico do tipo de fraturas ocorridas no grupo PH



**Figura 32** - Gráfico do tipo de fraturas ocorridas no grupo SPH

### 3. Análise estatística da cor e da resistência adesiva ao esmalte por microtração

#### Análise estatística dos parâmetros do sistema CIE L\*a\*b\*:

O teste ANOVA revelou, para cada um dos parâmetros da cor (L\*, a\* e b\*), uma interação significativa entre o fator independente “grupo” e o fator de medições repetidas “tempo”, com  $p < 0.001$  nos três modelos.

- ⇒ **Parâmetro L\*** – Antes da aplicação dos géis de branqueamento não se verificaram diferenças significativas nos grupos PH e SPH ( $p=0.501$ ). No entanto, após o tratamento, o valor médio de L\* apresenta-se significativamente mais elevado no grupo PH ( $p<0.001$ ). Neste último, confirmou-se um aumento significativo de L\*, entre o início e o fim do processo branqueador ( $p<0.001$ ), enquanto que, nesse período, no grupo SPH, L\* não se alterou de forma significativa ( $p=0.198$ ).
- ⇒ **Parâmetro a\*** – Antes da aplicação dos géis de branqueamento, o valor médio de a\* encontra-se significativamente mais elevado no grupo SPH ( $p=0.031$ ) do que no grupo PH. Esta diferença acentua-se significativamente no final do tratamento ( $p<0.001$ ). Durante o período de tratamento, o parâmetro a\* sofreu uma redução significativa no grupo PH ( $p<0.001$ ), contrariamente ao sucedido no grupo SPH, onde não se verificou alteração deste parâmetro ( $p=0.474$ ).
- ⇒ **Parâmetro b\*** – Antes da aplicação dos géis de branqueamento, o valor médio de b\* apresenta-se significativamente mais elevado no grupo SPH ( $p = 0.002$ ) do que no grupo PH. Esta diferença acentua-se significativamente no final do tratamento ( $p<0.001$ ). Ao longo do processo branqueador, o grupo PH registou uma diminuição significativa de b ( $p\leq 0.001$ ) e no grupo SPH não se verificou alteração deste parâmetro ( $p=0.502$ ).

#### Análise estatística da resistência adesiva ao esmalte por microtração:

O teste de Mann-Whitney evidenciou diferenças significativas na resistência à tração entre os grupos PH e SPH ( $p = 0.021$ ), com mediana significativamente mais elevada neste último grupo.

## **V. DISCUSSÃO**

Atualmente, são conhecidos vários métodos e técnicas de branqueamento dentário, com recurso a agentes diferentes, a concentrações distintas, a tempos de aplicação variáveis e a apresentações comerciais diversas (D'Arce et al., 2013; Li & Greenwall, 2013). Todos os anos, surgem novos produtos no mercado, com o objetivo de ultrapassar os efeitos adversos dos sistemas pré-existentes, mantendo valores de eficácia elevados e, assim, responder às necessidades estéticas dos doentes (Silveira et al., 2012).

Neste estudo, foram usados dois géis de branqueamento, o *White Class 6%* (FGM, Joinville SC, Brasil) e o *beconfi<sup>®</sup>Dent Peroxide Free* (beconfi<sup>®</sup>Dent, Helsingborg, Suécia). O *White Class 6%* é composto por peróxido de hidrogénio, na concentração de 6%, limite máximo aceite pela União Europeia e pela FDA (*U.S. Food and Drug Administration*). Presentemente, este gel constitui uma opção frequente na técnica em ambulatório, apresentando vantagens, tais como o tempo de aplicação reduzido e a maior concentração do elemento ativo (Pinto et al., 2014). O *beconfi<sup>®</sup>Dent Peroxide Free* surge como um produto de venda livre recente, um tratamento branqueador inovador, em sistema de moldeiras, sem peróxido de hidrogénio na sua constituição. Apesar da ausência de estudos científicos publicados, é apresentado como um gel, aprovado pela FDA, eficaz e seguro, sem registo de efeitos adversos como a hipersensibilidade dentária ou a irritação gengival, por vezes, descritos nos tratamentos com peróxido de hidrogénio, um agente oxidante altamente instável. Este produto não danifica o esmalte nem altera a sua estrutura física ou química (beconfi<sup>®</sup>Dent, 2013).

Este estudo pretende avaliar a eficácia dos géis de branqueamento na cor e na resistência adesiva ao esmalte por microtração.

Para o estudo da cor, procedeu-se à medição desta variável nas amostras do grupo PH (n=20) - gel *White Classe 6%* e do grupo SPH (n=20) - gel *beconfi<sup>®</sup>Dent Peroxide Free*. Utilizou-se a técnica instrumental, precisa, fiel e reprodutível, em detrimento do método tradicional visual que, por vezes, se revela inconsistente devido a fatores como o metamerismo, as condições de iluminação inadequadas ou o estado psicológico do observador (cansaço, idade, emotividade e efeitos de medicação ou drogas) (Da Silva et al., 2008; Chu et al., 2010; Skiri, 2010; Sarafianou et al., 2012; Bahannan, 2014).

A técnica instrumental pode ser realizada com o auxílio de sistemas de imagens, de colorímetros e de espectrofotômetros (Chu et al., 2010; Bahannan, 2014). No presente estudo, optou-se pelo último devido à sua consistência e ao seu rigor de medição, qualidades já testadas em investigações anteriores (Browning et al., 2009; Gehrke et al., 2009; Judeh & Al-Wahadni, 2009).

Existem vários espectrofotômetros disponíveis no mercado, sendo que nesta investigação foi usado o *Spectroshade Micro Óptic* (MHT Optic Research, Niederhasli, Switzerland), amplamente utilizado em estudos *in vivo* e *in vitro* devido à sua consistência e eficácia já devidamente comprovada (Khurana et al., 2007; Kim-Pusateri et al., 2009; Llena et al., 2011).

Para a medição da cor, dos grupos PH e SPH, com o *Spectroshade Micro Óptic* (MHT Optic Research, Niederhasli, Switzerland), antes e após a aplicação dos géis de branqueamento, as amostras encontravam-se humedecidas, uma vez que a sua desidratação poderia resultar na diminuição temporária da translucidez do esmalte, afetando o seu valor e, conseqüentemente, os dados da espectrometria (Caneppele et al., 2013). A padronização do processo de mensuração foi garantida pela fixação do frasco, através da criação de uma base de silicone, assegurando a medição de todos os fragmentos na mesma posição. Também o uso de uma caixa de cor preta e a calibração regular do Spectroshade (sempre que indicado pelo instrumento, aproximadamente após cinco medições) geraram condições de leitura idênticas em todas as medições. Foram realizadas três leituras por amostra e calculada a sua média, de acordo com o protocolo usado em vários estudos (Meireles et al., 2012; Sarafianou et al., 2012; Caneppele et al., 2013).

Os dados recolhidos foram referentes ao sistema CIE L\*a\*b\* que representa o sistema mais usado em investigações na área da medicina dentária (Pirolo et al., 2014).

Para o estudo da resistência adesiva ao esmalte, procedeu-se ao teste de microtração ( $\mu$ TBS). Atualmente, a maioria dos autores considera este método o mais fiável na avaliação da força de adesão entre o adesivo e o substrato (Salz & Bock, 2010; Scherrer et al., 2010; Hamouda et al., 2011), sendo, por isso, utilizado em mais de 60% das investigações científicas dedicadas ao tema (Van Meerbeek et al., 2010). A prática do teste de  $\mu$ TBS é vantajosa pela sua elevada precisão quando aplicado em amostras de

tamanho reduzido ou em superfícies irregulares (Gallusi et al., 2009; Armstrong et al., 2010; Van Meerbeek et al., 2010; Hamouda et al., 2011).

O teste de microtração, segundo a norma ISO/TS 11405, deve ser realizado logo depois da extração do dente, devido à ocorrência de alterações significativas, nos dias seguintes ao procedimento. Não obstante, este é um pressuposto difícil de concretizar e, por conseguinte, de acordo com a mesma norma, podem ser usados dentes até seis meses após exodontia, armazenados em água destilada ou, primeiramente desinfectados, com uma solução bacteriostática/bactericida de cloramina trihidratada a 0,5%, durante uma semana, no máximo, e, em seguida, guardados em água destilada, a uma temperatura de 4°C. Assim, o presente estudo recorreu a dentes extraídos, num período inferior a seis meses, conservados em água desionizada a 4°C.

Para o estudo das forças de adesão, foram selecionados 5 dentes de cada grupo (PH e SPH). Este constitui o número mínimo razoável, indicado por Van Meerbeek et al. (2010), para a realização do teste de microtração.

Seguidamente, foi criada e padronizada uma camada de *smear layer* nos dentes, com o auxílio de lixas SiC de grão 600, numa polidora (LaboForce-1, Struers, Dinamarca), durante 60 segundos. Este processo é referido em várias investigações como o mais adequado (Gallusi et al., 2009; Di Hipólito et al., 2011). Mais ainda, numa revisão bibliográfica, realizada por Scherrer et al. (2010), a mais de 140 artigos, é possível verificar que, a maioria, considera este método de acabamento de superfície fundamental para a posterior execução do teste de microtração.

Os dentes foram depois sujeitos a um sistema adesivo *Etch and Rinse*, de três passos, considerado, por vários autores, o *gold-standart* dos adesivos, na adesão ao esmalte (Perdigão, 2007; Van Meerbeek et al., 2010; Cardoso et al., 2011; Pashley et al., 2011).

No presente estudo, optou-se pelo adesivo *Optibond™ FL* (Kerr, Scafati, Italy) por ser frequentemente utilizado em estudos científicos e por permitir uma adesão forte, favorável e estável (Gallusi et al., 2009; Bahillo et al., 2013; Peumans et al., 2012).

Após a aplicação do adesivo nos dentes, procedeu-se à construção dos blocos com resina composta *Filtek™ Z250* (3M ESPE), de acordo com as recomendações do fabricante. Segundo Andrade et al. (2010), as características do compósito influenciam

as forças adesivas, sendo, por isso, preferível usar uma resina composta microhíbrida como a *Filtek™ Z250* (3M ESPE) pois a este material está associado um número reduzido de fraturas coesivas e um valor elevado de adesão.

Posteriormente, os dentes foram armazenados em água destilada a 37°C, durante 24 horas, período necessário para a polimerização adequada do sistema adesivo e do compósito. Em seguida, testaram-se as forças adesivas conforme as especificações descritas na mesma norma ISO/TS 11405: 2015.

Para realização do teste de microtração as amostras foram cortadas em palitos com uma área de  $1\text{ mm}^2 \pm 3\text{ mm}^2$ , de acordo com o descrito em vários estudos (Sano et al., 1994; Proença et al., 2007; Andrade et al., 2010; Di Hipólito et al., 2011). Sano et al. (1994) releva a existência de uma associação entre grandes áreas de superfície e valores reduzidos de tensão, fundamentando a sua tese na Teoria de Griffith. Segundo esta última, a força de tração de um material diminui com o aumento do tamanho da amostra, provavelmente devido à presença de defeitos ou de pontos de concentração de tensão. Sano et al. (1994) refere, igualmente, que a área de  $1\text{ mm}^2 \pm 3\text{ mm}^2$  permite uma propagação equitativa da força ao longo da amostra, diminuindo a presença de fraturas coesivas e, conseqüentemente, possibilitando uma avaliação correta da força adesiva.

Depois de preparadas as amostras, os palitos foram colocados e fixados em jigs com recurso a cola de cianocrilato *Zapit®* (Dental Ventures of America, Corona, CA, EUA) (Perdigão et al., 2002; Armstrong et al., 2010; Salz & Bock, 2010). Armstrong et al. (2010) refere que o uso de cola de cianocrilato é simples e vantajoso aquando da manipulação de palitos frágeis, no entanto, exige uma elevada precisão, essencial para manter a zona da interface livre de cola e, assim, não induzir falsos valores adesivos. Por sua vez, Perdigão et al. (2002) descreve a função dos jigs na prevalência de forças de tensão, eliminando possíveis forças indesejáveis, geradas do alinhamento não paralelo das amostras.

Os jigs, juntamente com as amostras, foram, posteriormente, introduzidos na máquina de testes universal (Shimadzu Autograph AG-IS, Tokyo, Japão), à velocidade de tração de 0,5mm/min, a mais utilizada neste tipo de testes pela elevada precisão na obtenção do valor da força de fratura (Proença et al., 2007; Andrade et al., 2010; Scherrer et al., 2010; Di Hipólito et al., 2011).

Aquando da fratura do palito, foi registado o valor da força correspondente e observado o local de rutura à lupa esterioscópica, classificando as falhas em adesivas, coesivas em esmalte, coesivas em resina e mistas.

Após a observação, excluíram-se as forças correspondentes às fraturas coesivas e mistas. Segundo Scherrer et al. (2010), as falhas coesivas poderão ocorrer devido a erros resultantes do alinhamento incorreto da amostra face ao eixo do dispositivo de teste ou da introdução de microfissuras durante a preparação das amostras. Scherrer et al. (2010) refere, ainda, que as falhas mistas estão associadas a forças de rutura de diferentes materiais (esmalte, adesivo, compósito), com propriedades mecânicas distintas, e, por isso, tal como as coesivas, não são fiáveis. Assim, tanto as fraturas coesivas como as mistas correspondem a resultados indesejáveis, distorcendo os valores de resistência adesiva e, por isso, foram excluídas do presente estudo (Salz & Bock, 2010; Scherrer et al., 2010).

Joiner & Thakker (2004) avaliou também, *in vitro*, a eficácia do peróxido de hidrogénio a 6%, no branqueamento de dentes humanos. Apesar de ter utilizado o mesmo método de armazenamento das amostras, a saliva artificial a 37°C, Joiner & Thakker (2004) procedeu à mensuração da cor das amostras com um colorímetro, em detrimento de um espectrofotómetro. Os resultados obtidos foram semelhantes aos do presente estudo, verificando valores de L\* significativamente superiores nas amostras tratadas com peróxido de hidrogénio a 6%.

D'Arce et al. (2013) testou os efeitos, *in vitro*, do peróxido de hidrogénio a 6%, em dentes bovinos. Tal como o presente estudo, recorreu ao mesmo produto branqueador, o *White Class 6%*, à mesma técnica de medição da cor, a espectrofotometria e, ainda, à mesma solução para armazenamento das amostras, a saliva artificial. Apesar destas semelhanças, D'Arce et al. (2013) aplicou o gel *White Class 6%* durante 21 dias, ao invés de 15 dias, período de tempo preconizado neste estudo. O autor procedeu, ainda, à pigmentação artificial das amostras com chá preto, ao contrário da presente investigação, onde este processo não foi realizado. Não obstante, os resultados obtidos foram semelhantes, corroborando a eficácia do branqueamento do peróxido de hidrogénio a 6%, no esmalte.

Meireles et al. (2012) avaliou, *in vitro*, a eficácia de três géis de branqueamento, em dentes bovinos. Para isso, mensurou a cor do esmalte das amostras, realizando três

leituras por dente, com um espectrofotômetro, tal como o presente estudo. No entanto, recorreu a três géis de peróxido de carbamida a 10%, 16% e 37%, ao invés do gel de peróxido de hidrogénio a 6%, utilizado nesta investigação. Meireles et al. (2012) procedeu, ainda, à pigmentação artificial das amostras com café, ao contrário do nosso estudo, onde este protocolo não foi aplicado. Os resultados obtidos foram semelhantes, revelando valores de  $L^*$  significativamente elevados, em dentes eficazmente branqueados. Também os valores reduzidos de  $a^*$  e  $b^*$ , verificados nestes dentes, foram semelhantes aos encontrados no nosso estudo.

Joiner (2010), numa revisão bibliográfica a 96 artigos, entre 1963 e 2009, concluiu que o bicarbonato de sódio ou hidrogenocarbonato de sódio, o agente ativo do gel *beconfi<sup>®</sup> Dent Peroxide Free*, usado neste estudo, se apresenta como um abrasivo eficaz na remoção da pigmentação extrínseca do dente, da placa bacteriana e dos remanescentes alimentares. Este último é fisicamente mais duro que a mancha e, por isso, elimina-a mecanicamente por esfoliação, tornando a superfície dentária lisa e polida (Joiner, 2010). O autor refere, ainda, que o bicarbonato de sódio possui apenas uma ação externa, não interagindo com as manchas intrínsecas nem alterando a cor natural do dente, tal como demonstrado no presente estudo.

Relativamente à avaliação da resistência adesiva ao esmalte por microtração, as amostras tratadas com *White Class 6%* apresentaram os piores resultados, possivelmente, devido à presença de oxigénio residual nos tecidos dentários, resultante da dissociação do peróxido de hidrogénio. O oxigénio inibe a polimerização do sistema adesivo e da resina composta, afetando a adesão entre os substratos (Gurgan et al., 2009; Li, 2011; Silveira et al., 2012; Lago & Garone-Netto, 2013; Rego et al., 2013; Alqahtani, 2014; Vohra et al., 2014).

Lago & Garone-Netto (2013) avaliou, num estudo *in vitro*, a resistência adesiva ao esmalte branqueado. Tal como na presente investigação, recorreu a um gel com peróxido de hidrogénio e a um sistema adesivo *Etch and Rinse*. Também procedeu à limpeza manual e ao polimento das amostras; aguardou 24 horas entre a construção do bloco de resina e o teste da microtração; e cortou os dentes em palitos, fixando-os em jigs com cola de cianocrilato. Apesar das semelhanças referidas, aplicou um gel de peróxido de hidrogénio na concentração de 35%, ao contrário deste estudo, onde foi utilizado um gel de peróxido de hidrogénio a 6%. Esta aplicação abrangeu uma área de



25 mm<sup>2</sup>, ao invés de toda a face, como padronizado no nosso estudo. Por sua vez, Lago & Garone-Netto (2013) recorreu a um sistema adesivo de dois passos e a uma velocidade de 1.0 mm/min para realização do teste de microtração, enquanto que, a presente investigação, utilizou um sistema adesivo de três passos e uma velocidade de 0.5 mm/min. Não obstante, os resultados obtidos foram semelhantes, verificando que, após 24h, as forças adesivas se encontram reduzidas, no esmalte branqueado com peróxido de hidrogênio.

Rego et al. (2013) também atestou os resultados da presente investigação, através da avaliação, *in vitro*, da resistência adesiva de *brackets* aderidos ao esmalte branqueado. Rego et al. (2013), tal como este estudo, procedeu ao branqueamento de dentes humanos com peróxido de hidrogênio; aguardou 24h para polimerização total do adesivo, colocando as amostras em água destilada a 37°C; e realizou o teste de tração à velocidade de 0.5 mm/min. No entanto, também podem ser enumeradas algumas diferenças entre os estudos, pois Rego et al. (2013) usou peróxido de hidrogênio a 35% e aplicou o teste em *brackets*. Nesta última investigação, após 24h da adesão dos *brackets* ao esmalte, verificaram-se forças adesivas com valores reduzidos, tal como observado no presente estudo.

Por outro lado, Arcari et al. (2007) e Amaral et al. (2008) contrariam os resultados acima apresentados, concluindo que não há diferenças na resistência adesiva, após 24h da conclusão do processo de branqueamento. Tal fato poderá decorrer do uso de diferentes métodos e materiais, sendo, por isso, necessárias mais investigações sobre o tema.

## VI. CONCLUSÃO

Após a análise dos resultados obtidos através de Espectrofotometria e do Teste de Microtração ( $\mu$ TBS), concluiu-se que:

1. As amostras submetidas à aplicação do gel de branqueamento *White Class 6%* apresentam um aumento significativo de brilho ( $L^*$ ) e uma diminuição significativa da reflexão de luz, na gama do vermelho e do amarelo ( $a^*$  e  $b^*$ , respetivamente), exibindo um branqueamento eficaz, com resultados notáveis e muito satisfatórios.
2. As amostras sujeitas à ação do gel de branqueamento *beconfi<sup>®</sup>Dent Peroxide Free* não revelam alterações significativas em nenhuma das três coordenadas ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) e, por isso, não branquearam.
3. O gel de branqueamento *beconfi<sup>®</sup>Dent Peroxide Free* apresenta uma resistência à microtração significativamente superior ao gel de branqueamento *White Class 6%*.

As hipóteses nulas 1 e 2 devem ser rejeitadas, aceitando-se as hipóteses alternativas 1 e 2, uma vez que houve diferenças significativas tanto na cor como na resistência adesiva ao esmalte por microtração, entre os grupos que foram submetidos aos géis de branqueamento com e sem peróxido de hidrogénio.

### Perspetivas Futuras

- Avaliar a resistência adesiva ao esmalte, através do teste de microtração, após 15 dias da conclusão da aplicação dos géis de branqueamento;
- Avaliar, através de Microscopia Eletrónica de Varrimento (SEM), os efeitos da aplicação dos géis de branqueamento, no esmalte;
- Avaliar, através de Microscopia Eletrónica de Varrimento (SEM), as interfaces de fratura dos palitos.

## **VII. BIBLIOGRAFIA**

- Abouassi, T., Wolkewitz, M., & Hahn, P. (2011). Effect of carbamide peroxide and hydrogen peroxide on enamel surface: an in vitro study. *Clin. Oral Investig.*, 15(5), 673–80. doi:10.1007/s00784-010-0439-1
- Alqahtani, M. Q. (2014). Tooth-bleaching procedures and their controversial effects: A literature review. *Saudi Dent J.*, 26(2), 33–46. doi. 10.1016/j.sdentj.2014.02.002
- Alves, A.F.M. (2011). Estudo *in vitro* da resistência adesiva de sistemas adesivos auto-condicionantes aplicados em esmalte (Tese de Mestrado). Instituto Superior de Ciências da Saúde Egas Moniz, Portugal.
- Amaral, C., Jorge, A., Veloso, K., Erhardt, M., Arias, V., & Rodrigues, J.A. (2008). The effect of in-office in combination with intracoronal bleaching on enamel and dentin bond strength and dentin morphology. *J Contemp Dent Pract*, 9(5), 17-24.
- An, B., Wang, R., & Zhang, D. (2012). Role of crystal arrangement on the mechanical performance of enamel. *Acta Biomater*, 8(10), 3784–3793. doi: 10.1016/j.actbio.2012.06.026
- Andrade, A., Moura, S. K., Reis, A., Loguercio, A. D., Garcia, E. J., & Grande, R. H. M. (2010). Evaluating resin-enamel bonds by microshear and microtensile bond strength tests: effects of composite resin. *Journal of applied oral science*, 18 (6), 591–598.
- Anusavice, K. J., Shen, C., & Rawls, H. R. (2013). *Phillips' Science of Dental Material*. 12<sup>a</sup> edição, (pp. 30-38, 48-66). Missouri. Elsevier Saunders. ISBN: 978-1-4377-2418-9.
- Arcari, G.M., Araújo, E., Baratieri, L.N., & Lopes, G.C. (2007). Microtensile bond strength of a nano filled composite resin to human dentin after nonvital tooth bleaching. *J Adhes Dent*, 9(3), 333-340.
- Armstrong, S., Geraldeli, S., Maia, R., Raposo, L.H.A., Soares, C.J., & Yamagawa, J. (2010). Adhesion to tooth structure: A critical review of “micro” bond strength test methods. *Dental Materials. ScienceDirect*, 26, 50-62. doi: 10.1016/j.dental.2009.11.155
- Bahannan, S.A. (2014). Shade matching quality among dental students using visual and instrumental methods. *Journal of Dentistry*, 42, 48-52. doi: 10.1016/j.jdent.2013.11.001

- Bahillo, J., Roig, M., Bortolotto, T., & Krejci, I. (2013). Self-etching aspects of a three-step etch-and-rinse adhesive. *Clin Oral Invest*, 17(8): 1983-1990. doi: 10.1007/s00784-012-0878-y
- Bailey, S.J., & Swift, E.J. (1992). Effects of home bleaching products on composite resins. *Quintessence Int*, 23, 489-494.
- Bajaj, D., & Arola, D. D. (2009). On the R-curve behavior of human tooth enamel. *Biomaterials*, 30 (23-24), 4037–4046. doi: 10.1016/j.biomaterials.2009.04.017
- Batista, G.R., Arantes, P.T., Attin, T., Wiegand, A., & Torres, C.R.G. (2013). Effect of chemical activation of 10% carbamide peroxide gel in tooth bleaching. *Eur J Esthet Dent*, 8 (1), 104-117.
- Berkovitz, B. K. B., Holland, G. R., & Moxham, B. J. (2009). *Oral Anatomy, Embryology and Histology*. 4ª Edição, (pp. 105-122). New York. Mosby Elsevier. ISBN: 9780723434115.
- Bernardon, J. K., Sartori, N., Ballarin, A., Perdigão, J., Lopes, G. C., & Baratieri, L. N. (2010). Clinical performance of vital bleaching techniques. *Operative Dentistry*, 35(1), 3–10. doi: 10.2341/09-008CR
- Browning, W.D., Chan, D.C, Blalock, J.S., & Brackett, M.G. (2009). A comparison of human raters and an intra-oral spectrophotometer. *Operative Dentistry*, 34(3), 337-343. doi: 10.2341/08-106
- Buonocore, M. G. (1955). A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surface. *J Dent Res*, 14, 849-853.
- Caneppele, T.M.F, Borges, A.B., & Torres, C. R.G. (2013). Effects of dental bleaching on the color, translucency and fluorescence properties of enamel and dentin. *The European Journal of Esthetic Dentistry*, 8(2), 198-210.
- Carey, C.M. (2014). Tooth whitening: what we now know. *J Evid Base Dent Pract*, 14 (1), 70-76. doi: 10.1016/j.jebdo.2014.02.006
- Cardoso, M.V., Neves, A.A., Mine, A., Coutinho, E., Landuyt, K.V., Munck, J., & Meerbeek, B.V. (2011). Current aspects on bonding effectiveness and stability in

adhesive dentistry. *Australian Dental Journal*, 56(1), 31-44. doi: 10.1111/j.1834-7819.2011.01294.x

Chu, S.J., Trushkowsky, R.D., & Paravina, R.D. (2010). Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. *Journal of Dentistry*, 38, 2-16. doi: 10.1016/j.jdent.2010.07.001

Clark, E.B. (1931). An analysis of tooth color. *J Am Dent Assoc*, 18, 2093-2103.

Corcodel, N., Helling, S., Rammelsberg, P., & Hassel, A.J. (2010). Metameric effect between natural teeth and the shade tabs of a shade guide. *Eur J Oral Sci*, 118, 311-316.

Da Silva, J.D., Park, S.E., Weber, H.P., & Ishikawa-Nagai, S. (2008). Clinical performance of a newly developed spectrophotometric system on tooth color reproduction. *J Prosthet Dent*, 99(5), 361-368.

D'Arce, M.B.F, Lima, D.A.N.L., Aguiar, F.H.B., Bertoldo, C.E.S., Ambrosano, G.M.B., & Lovadino, J.R. (2013). Effectiveness of dental bleaching in depth after using different bleaching agents. *J Clin Exp Dent*, 5(2), 100-107. doi: 10.4317/jced.51063

Demarco, F.F., Meireles, S.S., & Masotti, A.S. (2009). Over-the-counter whitening agents: a concise review. *Braz Oral Res*, 23 (1), 64-70.

Di Hipólito, V., Alonso, R.C.B., Carrilho, M.R.O., Netto, C.A., Sinhoret, M.A.C., & Goes, M.F. (2011). Microtensile bond strength test and failure analysis to assess bonding characteristics of different adhesion approaches to ground *versus* unground enamel. *Braz Dent J*, 22(2), 122-128.

Didier, V.F., Batista, A.U.D., Montenegro, R.V., Fonseca, R.B., Carvalho, F.G., Barros, S., & Carlo, H.L. (2013). Influence of hydrogen peroxide-based bleaching agents on the bond strength of resin-enamel/dentin interfaces. *International Journal of Adhesion & Adhesives*, 4, 141-145. doi: 10.1016/j.ijadhadh.2013.08.009

Diretiva 2011/84/EU. (2011). *Official Journal of the European Union*, 283 (38)

Durando, A.F.C.(2011). Efeitos do branqueamento dentário na estrutura do esmalte (Tese de Mestrado). Instituto Superior de Ciências da Saúde Egas Moniz, Portugal.

- Eimar, H., Siciliano, R., Abdallah, M.-N., Nader, S. A., Amin, W. M., Martinez, P.P., Celemin, A., Cerruti, M., & Tamimi, F. (2012). Hydrogen peroxide whitens teeth by oxidizing the organic structure. *J Dent*, 40 (2), 25–33. doi: 10.1016/j.jdent.2012.08.008
- Francci, C., Marson, F.C., Briso, A.L.F, & Gomes, M.N. (2010). Clareamento dental – Técnicas e conceitos atuais. *Ver Assoc Paul Cir Dent*, 1, 78-89.
- Fusayama, T., Katayori, T., & Nomoto, S. (1963). Corrosion of gold amalgam placed in contact with each other. *J Dent Res*, 42(5), 1183-1197.
- Gallusi, G., Galeano, P., Libonati, A., Giuca, M. R., & Campanella, V. (2009). Evaluation of bond strength of different adhesive systems: Shear and Microtensile Bond Strength Test. *Oral & implantology*, 2 (4), 19–25.
- Garcia, E.J., Oldoni, T.L.C., Alencar, S.M., Reis, A., Loguercio, A.D., & Grande, R.H.M. (2012). Antioxidant Activity by DPPH assay of potential solutions to be applied on bleached teeth. *Braz Dent J*, 23(1), 22-27. doi: 10.1590/50103-64402012000100004
- Gehrke, P., Riekeberg, U., Fackler, O., & Dhom, G. (2009). Comparison of in vivo visual, spectrophotometric and colorimetric shade determination of teeth and implant-supported crowns. *International Journal of Computerized Dentistry*, 12(3), 247-263.
- Ghadimi, E., Eimar, H., Marelli, B., Nazhat, S. N., Asgharian, M., Vali, H., & Tamimi, F. (2013). Trace elements can influence the physical properties of tooth enamel. *SpringerPlus*, 2, 499-511. doi: 10.1186/2193-1801-2-499
- Ghassemi, A., Hooper, W., Vorwerk, L., & Domke, T. (2012). Effectiveness of a new dentifrice with baking soda and peroxide in removing extrinsic stain and whitening teeth. *J Clin Dent*, 23(3), 86-91.
- Goldberg, M., Grootveld, M., & Lynch, E. (2010). Undesirable and adverse effects of tooth-whitening products: a review. *Clin Oral Investig*, 14(1), 1–10. doi: 10.1007/s00784-009-0302-4
- Goodacre, C. J., & Sagel, P. A. (2011). Part 3 - Understanding Color & Shade Selection. *Crest® Oral-B® at dentalcare.com Continuing Education Course*.

- Gurgan, S., Alpaslan, T., Kiremitci, A., Cakir, F.Y., Yazici, E., & Gorucu, J. (2009). Effect of diferente adhesive systems and laser treatment on the shear bond strength of bleached enamel. *Journal of Dentistry*, 37, 527-534. doi: 10.1016/j.jdent.2009.03.012
- Hamouda, I.M., Samra, N.R., & Badawi, M.F. (2011). Microtensile bond strength of etch and rinse versus self-etch adhesive systems. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*, 4, 461-466. doi: 10.1016/j.jmbbm.2010.12.007
- Hass, V., Dobrovolski, M., Zander-Grande, C., Martins, G.C, Gordillo, L.A.A., Accorinte, M.L.R., Gomes, O.M.M., Loguercio, A.D., & Reis, A.(2013).Correlation between degree of conversion, resin-dentin bond strength and nanoleakage of simplified etch-and-rinse adhesives. *Dental Materials*, 29, 21-28.doi: 10.1016/j.dental.2013.05.001
- Haywood, V., & Heymann, H. (1989). Nightguard vital bleaching. *Quintessence Int*, 20, 173-176.
- Heymann, H. O., Swift, E. J., & Ritter, A. V. (2013). *Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry*. 6ª edição, (pp. 2-6, 114-135, 307-314). Missouri. Elsevier Mosby. ISBN: 978-0-3230-8333-1.
- Hilton, T. J., Ferracane, J.L., & Broome, J.C. (2013). *Summitt's Fundamentals of Operative Dentistry: A Contemporary Approach*. 4ª edição, (pp. 1-8, 207-234, 414-442). Hanover Park, IL. Quintessence Publishing Co. Inc. ISBN: 978-0-86715-528-0.
- ISO/TS 11405:2015 (2015). ISO.  
Disponível em: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:ts:11405:ed-3:v1:en>
- Joiner, A. (2010). Whitening toothpastes: A review of the literature. *Journal of Dentistry. ScienceDirect*, 38, 17-24.
- Joiner, A., & Thakker, G.(2004).*In vitro* evaluation of a novel 6% hydrogen peroxide tooth whitening product.*Journal of Dentistry*,32, 19-25. doi:10.1016/j.jdent.2010.05.017
- Judeh, A., & Al-Wahadni, A. (2009). A comparison between conventional visual and spectrophotometric methods for shade selection. *Quintessence Int*, 40(9), 69-79.
- Kim-Pusateri, S., Brewer, J.D., Davis, E.L., & Wee, A.G. (2009). Reliability and accuracy of four dental shade-matching devices. *J Prosthet Dent*, 101(3), 193-199.

Khurana, R., Tredwin, C.J., Weisbloom, M., & Moles, D.R. (2007). A clinical evaluation of the individual repeatability of three commercially available colour measuring devices. *British Dental Journal*, 203 (12), 675-680. doi: 10.1038/bdj.2007.1108

Lago, A.D., & Garone-Netto, N. (2013). Microtensile bond strength of enamel after bleaching. *Indian J Dent Res*, 24(1), 104-109. doi: 10.4103/0970-9290.114955

Lee, Y.E., Back, H. J., Choi, Y. H., Jeong, S. H., Park, Y. D., & Song, K. B. (2010). Comparison of remineralization effect of three topical fluoride regimes on enamel initial carious lesions. *Journal of Dentistry*, 38, 166-171.

Lehmann, K.M., Igiel, C., Schmidtman, I., & Scheller, H. (2010). Four color-measuring devices compared with a spectrophotometric reference system. *Journal of Dentistry*, 38(2), 65-70. doi: 10.1016/j.dent.2010.07.006

Li, Y. (2011). Safety controversies in tooth bleaching. *Dent Clin N Am*, 55, 255-263. doi: 10.1016/j.cden.2011.01.003

Li, Y., & Greenwall, L. (2013). Safety issues of tooth whitening using peroxide-based materials. *Br Dent J*, 215(1), 29–34. doi: 10.1038/sj.bdj.2013.629

Llena, C., Lozano, E., Amengual, J., & Forner, L. (2011). Reliability of two color selection devices in matching and measuring tooth color. *J Contemp Dent Pract*, 12(1):19-23.

Ma, X., Li, R., Sa, Y., Liang, S., Sun, L., Jiang, T., & Wang, Y. (2011). Separate contribution of enamel and dentine to overall tooth colour change in tooth bleaching. *Journal of Dentistry. ScienceDirect*, 39, 739-745. doi: 10.1016/j.jdent.2011.08.005

Markovic, L., Fotouhi, K., Lorenz, H., Jordan, R.A., Gaengler, P., & Zimer, S. (2010). Effects of bleaching agents on human enamel light reflectance. *Operative Dentistry*, 35(4), 405-411. doi: 10.2341/09-078-L

Markowitz, K. (2010). Pretty painful: why does tooth bleaching hurt? *Med Hypotheses*, 74(5), 835–40. doi: 10.1016/j.mehy.2009.11.044

Marshall, S.J., Bayne, S.C., Baier, R., Tomsia, A.P., & Marshall, G.W.(2010). A review of adhesion science. *Dental Materials*, 26, 11-16. doi: 10.1016/j.dental.2009.11.157



- Meireles, S.S., Fontes, S.T., Coimbra, L.A.A., Della Bona, A., & Demarco, F.F. (2012). Effectiveness of different carbamide peroxide concentrations used for tooth bleaching: an in vitro study. *J Appl Oral Sci.*, 20 (2), 186-191.
- Mescher, A.L. (2013). *Junqueira's Basic Histology: Text and Atlas*. 13ª Edição, (pp. 294-299). The McGraw-Hill Companies, Inc. ISBN: 978-0-07-178033-9.
- Miller, L.L. (1993). Shade matching. *J Esthet Dent*, 5, 143-153.
- Moncada, G., Sepúlveda, D., Elphick, K., Contente, M., Estay, J., Bahamondes, V., Fernandez, E., Oliveira, O.B., & Martin, J. (2013). Effects of light activation, agent concentration, and tooth thickness on dental sensitivity after bleaching. *Operative Dentistry*, 38(5), 467–476. doi: 10.2341/12-335-C
- Nanci, A. (2013). *Ten Cate's Oral Histology: Development, Structure, and Function*. 8ª edição, (pp. 1-4, 122-128). Elsevier Mosby. ISBN: 978-0-323-07846-7.
- Park, S., Wang, D. H., Zhang, D., Romberg, E., & Arola, D. (2008). Mechanical properties of human enamel as a function of age and location in the tooth. *Journal of Materials Science*, 19(6), 2317–2324. doi: 10.1007/s10856-007-3340-y
- Pashley, D.H., Tay, F.R., Breschi, L., Tjaderhane, L., Carvalho, R.M., Carrilho, M., & Tezvergil-Mutluay, A. (2011). State of the art etch-and-rinse adhesives. *Dental Materials*, 27, 1-16. doi: 10.1016/j.dental.2010.10.016
- Perdigão, J. (2007). New developments in dental adhesion. *Dental clinics of North America*, 51(2), 333–57. doi: 10.1016/j.cden.2007.01.001
- Perdigão, J., Geraldeli, P., Carmo, A.R.P., & Dutra, H.R. (2002). In vivo influence of residual moisture on microtensile bond strengths of one-bottle adhesives. *J Esthet Restor Dent*, 14(1), 31-38.
- Peumans, M., Munck, J., Van Landuyt, K.L., Poitevin, A., Lambrechts, P., & Van Meerbeek, B.(2012). A 13-year clinical evaluation of two three-step etch-and-rinse adhesives in non-carious class-V lesions. *Clin Oral Invest*, 16, 129-137. doi: 10.1007/s00784-010-0481-z
- Pinto, M.M., Godoy, C.H.L., Bortoletto, C.C., Olivani, S.R.G., Motta, L.J., Altavista, O.M., Lumi, K., Sobral, A.P.T., & Bussadori, S.K. (2014). Tooth whitening with

hydrogen peroxide in adolescents: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials* 15, 395.

Pirollo, R., Mondelli, R.F., Correr, G.M., Gonzaga, C.C., & Furuse, A.Y. (2014). Effect of coffee and cola-based soft drink on the color stability of bleached bovine incisors considering the time elapsed after bleaching. *J Appl Oral Sci*, 22(6), 534-540. doi: 10.1590/1678-775720130578

Proença, J.P., Polido, M., Osorio, E., Erhardt, M.C.G., Aguilera, F.S., García-Godoy, F., Osorio, R., & Toledano, M. (2007). Dentin regional bond strength of self-etch and total-etch adhesive systems. *Dental Mater*, 23(12), 1542-1548. doi: 10.1016/j.dental.2007.02.001

Rego, A.V.N.N., Santos, R.M.L., Leal, L.M.P., & Braga, C.G.S. (2013). Evaluation of the influence of dental bleaching with 35% hydrogen peroxide in orthodontic bracket shear bond strength. *Dental Press J Orthod*, 18(2), 95-100.

Salz, U., & Bock, T. (2010). Testing adhesion of direct restoratives to dental hard tissue – A review. *J Adhes Dent*, 12(5), 343-371.

Sano, H., Shono, T., Sonoda, H., Takatsu, B.C., Carvalho, R., & Pashley, D.H. (1994). Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength – Evaluation of a micro-tensile bond test. *Dental Mater*, 10, 236-240.

Sarafianou, A., Kamposiora, P., Papavasiliou, G., & Goula, H. (2012). Matching repeatability and interdevice agreement of 2 intraoral spectrophotometers. *J Prosthet Dent*, 107(3), 178-185.

Scherrer, S. S., Cesar, P. F., & Swain, M. V. (2010). Direct comparison of the bond strength results of the different test methods: a critical literature review. *Dental materials*, 26 (2), 78–93. doi: 10/1016/j.dental.2009.12.002

Shammas, M., & Alla, R. K. (2011). Color and Shade Matching in Dentistry. *Trends Biomater. Artif. Organs*, 25(4), 172–175.

Sikri, V.K. (2010). Color: Implications in dentistry. *J Conserv Dent*, 13(4), 249-255.

Silva, N.M.L. (2014). Estudo *in vitro* da resistência adesiva do esmalte por microtração, de dentes sujeitos a branqueamento (Tese de Mestrado). Instituto Superior de Ciências da Saúde Egas Moniz, Portugal.

Silva, R.D., Silva, M.A.D, Oliveira, O.B., Melo, A.C.M., & Oliveira, R.N. (2013). Dental fluorescence: Potencial forensic use. *Forensic Science International*, 231, 167-171. doi: 10.1016/j.forsciint.2013.05.001

Silveira, J.M., Longelin, S., Mata, A.D., & Carvalho, M.L. (2012). Identification of oxygen in dental enamel following tooth bleaching using confocal micro Raman spectroscopy. *J.Raman Spectrosc.*, 43, 1089 – 1093. Doi: 10.1002/jrs.3153

Sinmazisik, G., Trakyali, G., & Tarcin, B. (2014). Evaluating the ability of dental technician students and graduate dentists to match tooth color. *J Prosthet Dent*, 112(6), 1559-1566.

Soares, D. G., Basso, F. G., Hebling, J., & de Souza Costa, C. A. S. (2014). Concentrations of and application protocols for hydrogen peroxide bleaching gels: effects on pulp cell viability and whitening efficacy. *J Dent*, 42(2), 185–198. doi: 10.1016/j.jdent.2013.10.021

SpectroShade Micro, The Power of Precision Shade Technology (2001). MHT Optic Research AG.

Disponível em: <http://www.mht.ch/index.php?uri=home.html>

Spencer, P., Ye, Q., Misra, A., Goncalves, S.E.P., & Laurance, J.S. (2014) Proteins, pathogens, and failure at the composite-tooth interface. *J Dent RES*, 1-7. doi: 10.1177/0022034514550039

*Start kit sem peróxido* (2013). beconfi<sup>®</sup>Dent.

Disponível em: <http://www.beconfident.pt/startkit>

Van Meerbeek, B., Peumans, M., Poitevin, A., Mine, A., Ende, A.V., Neves, A., & Munck, J. (2010). Relationship between bond-strength tests and clinical outcomes. *Dental Materials. ScienceDirect*, 26, 100-121. doi: 10.1016/j.dental.2009.11.148.

Vohra, F., & Kasah, K, (2014), Influence of bleaching and antioxidant agent on microtensile bond strength of resin based composite to enamel. *The Saudi Journal for Dental Research*, 5, 29–33. doi: 10.1016/j.ksujds.2013.06.001

Xu, B., Li, Q., & Wang, Y. (2011). Effects of pH values of hydrogen peroxide bleaching agents on enamel surface properties. *Operative Dentistry*, 36(5), 554–562. doi: 10.2341/11-045-1

Yu, B., & Lee, Y. (2008). Influence of color parameters of resin composites on their translucency. *Dental Materials*, 24, 1236- 1242.

Zhang, Y.-R., Du, W., Zhou, X.-D., & Yu, H.-Y. (2014). Review of research on the mechanical properties of the human tooth. *Int J Oral Sci*, 6(2), 61–69. doi: 10.1038/ijos.2014.21

## VIII. ANEXOS

### Anexo 1 – Parecer da Comissão de Ética do ISCSEM.



20

Ex.ma Senhora  
**Ana Sofia Xavier de Oliveira**

Monte de Caparica, 29 de janeiro de 2015

Ex.ma Senhora,

Venho comunicar-lhe que o Pedido de Parecer que submeteu à apreciação da Comissão de Ética da Egas Moniz, com o tema denominado "*Estudo in vitro das alterações da cor e da resistência adesiva por microtração de dentes sujeitos a branqueamento com os novos agentes sem peróxido de hidrogénio*", foi aprovado por unanimidade.

Com os melhores cumprimentos,

A Presidente da Comissão de Ética da Egas Moniz

Prof.<sup>a</sup> Doutora Maria Fernanda de Mesquita

c.c. – Prof. Doutor Mário Polido

**Anexo 2** – Declaração da Direção Clínica Dentária Universitária do ISCSEM, autorizando a doação dos dentes do Banco de Dentes Humanos.



**Declaração da Direção Clínica para cedência de dentes do  
BDH para realização trabalho de projeto final do MIMD**

**IDENTIFICAÇÃO DO ESTUDANTE**

Ana Sofia Xavier de Oliveira  
Nº 108367

**TÍTULO DO TRABALHO**

*“Estudo *in vitro* das alterações da cor e da resistência adesiva por microtração de dentes sujeitos a branqueamento com os novos agentes sem peróxido de hidrogénio”*

A aluna Ana Sofia Xavier de Oliveira pode utilizar dentes molares hígidos do Banco de dentes humanos (BDH) da Clínica Dentária Universitária Egas Moniz (CDUEM).

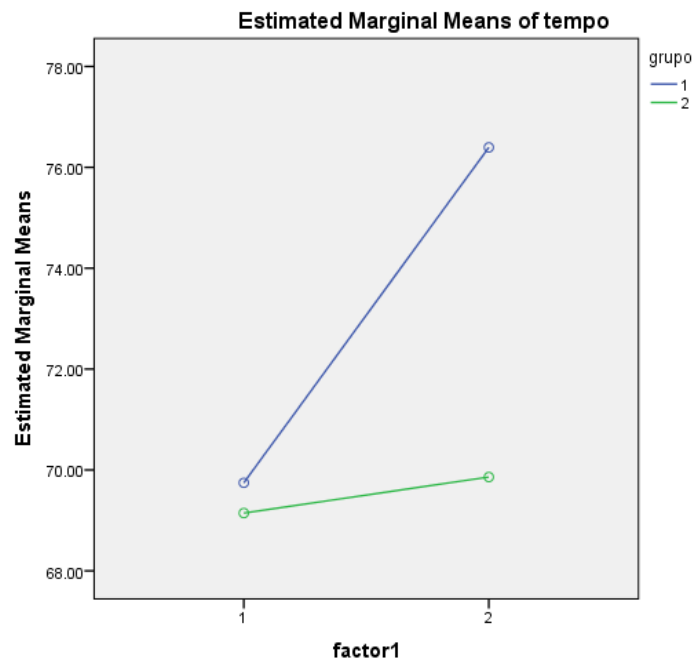
Atenciosamente, com os melhores cumprimentos

Monte da Caparica, Janeiro de 2015

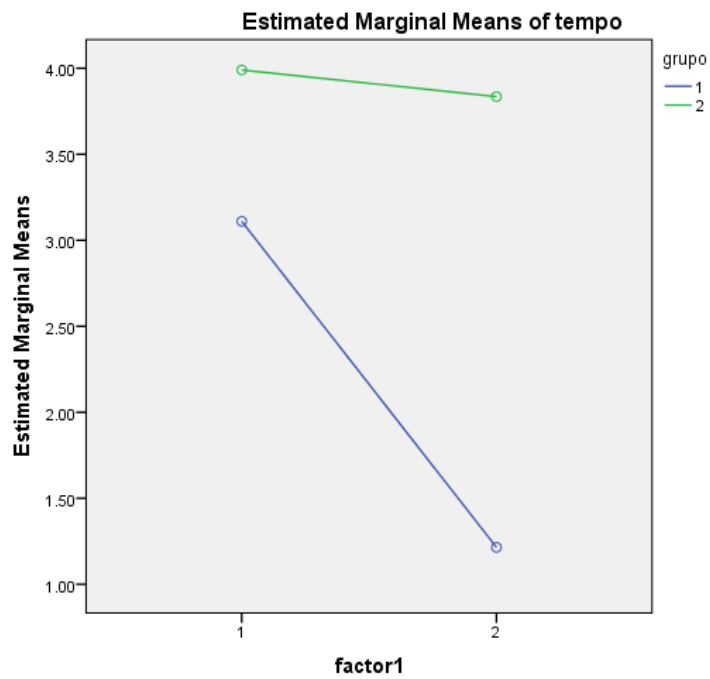
**DIREÇÃO CLÍNICA**

A handwritten signature in blue ink, likely belonging to a member of the Clinical Direction, is written over the printed text 'DIREÇÃO CLÍNICA'.

**Gráfico 1** – Evolução dos valores médios de  $L^*$ , ao longo do tratamento, nos grupos PH(1) e SPH(2).



**Gráfico 2** – Evolução dos valores médios de  $a^*$ , ao longo do tratamento, nos grupos PH(1) e SPH(2).



**Gráfico 3** – Evolução dos valores médios de  $b^*$ , ao longo do tratamento, nos grupos PH(1) e SPH(2).

