



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DO BRANQUEAMENTO EM CONSULTÓRIO COM A NOVA LUZ HÍBRIDA LASER DE DÍODO/LED

Trabalho submetido por

Vitoria Hacl Otero

para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Novembro de 2021



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DO BRANQUEAMENTO EM CONSULTÓRIO COM A NOVA LUZ HÍBRIDA LASER DE DÍODO/LED

Trabalho submetido por

Vitória Hacl Otero.

para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalho orientado por

Prof. Doutora Ana Mano Azul.

e coorientado por

Prof. Doutor Rafael Francisco Lia Mondelli

Novembro de 2021

Agradecimentos

À minha orientadora, Prof. Doutora Ana Azul, por toda a dedicação, disponibilidade, apoio, confiança, imprescindíveis para a concretização desse trabalho.

Ao meu co-orientador, Prof. Doutor Rafael Francisco Lia Mondelli, pela amizade, atenção e partilha de sua experiência e seu conhecimento.

Ao Instituto Universitário Egas Moniz, professores, colegas, funcionários, pacientes e todos que de alguma forma contribuíram para a realização desse objetivo.

Ao Prof. Doutor Mário Polido, pela disponibilização do laboratório de Biomateriais.

Ao Prof. Doutor Luís Proença, pela colaboração tão importante na apuração dos resultados.

Aos Prof. Doutor Renato Miotto Palo, por sua inestimável contribuição e suporte.

Ao Prof. Doutor Renato de Toledo Leonardo, pelo auxílio, amizade e conhecimento partilhados.

Aos meus pais, por todo apoio, amor incondicional, confiança e paciência, não só no meu percurso académico, mas em toda a minha vida.

Ao meu irmão, Fábio Otero, por uma vida de companheirismo.

Aos meus irmãos de coração, Alejandro Diaz e Isabel Meleno, pela amizade e cumplicidade ao longo destes 5 anos, vocês foram os que tornaram este lugar a minha casa.

Aos meus companheiros de box, Amanda Lengo e Fabio Pasta, por toda a ajuda e disponibilidade ao longo deste ano, não podia ter pedido por melhores parceiros.

Ao Castigo, por me acolher em um ano tão atípico e me proporcionar o melhor ano de finalista que poderia ter tido.

Resumo

Objetivo: Avaliar *in-vitro* a eficácia do branqueamento em consultório com a utilização de um novo Laser de diodo/LED

Materiais e Métodos: 20 molares e pré-molares seccionados no sentido mesio-distal foram distribuídos aleatoriamente por 4 grupos (n=10) consoante o protocolo a utilizar: Grupo 1 – gel placebo (controlo); Grupo 2- luz híbrida LED/Laser - Whitening Laser Premium - (DMC Equipamentos); Grupo 3 – gel de peróxido de hidrogénio a 6% (Nano White 6% - DMC Equipamentos); Grupo 4 - Luz híbrida LED/Laser + peróxido de hidrogénio a 6% (*Whitening Laser Premium* + Nano White 6% - DMC Equipamentos). Entre as aplicações do protocolo de branqueamento os espécimes foram armazenados em saliva artificial a 37°C. A avaliação da cor foi efetuada através de um espectrofotómetro (*SpectroShade™ Micro*) em 6 momentos diferentes: T0: antes do branqueamento; T1: 24h após o branqueamento; T2: antes da segunda sessão de branqueamento; T3: 24h após a segunda sessão de branqueamento; T4: uma semana após o branqueamento; T5: 30 dias após a segunda sessão de branqueamento.

Foi aplicada uma análise estatística descritiva e inferencial para um nível de significância de 5% (SPSS26.0).

Resultados: O tempo teve influência significativa nos resultados de variação de cor ($p < 0,001$), contudo, não foi verificada uma interação significativa entre o fator tempo e o fator grupo ($p = 0,099$). Ainda de acordo com os resultados obtidos, podemos inferir que a variação de cor ocorreu na transição entre T1 e T2 ($p = 0,002$), não havendo variações significativas nas transições subsequentes

Conclusões: Apesar das limitações deste estudo conclui-se que a luz testada isoladamente ou em conjugação com o peróxido de hidrogénio a 6% não difere em eficácia dos restantes grupos estudados.

Palavras-Chave: Branqueamento dentário, Peróxido de hidrogénio, LED, Cor

Abstract

Objectives: To evaluate in vitro the efficacy of an in office-bleaching using a new hybrid LED/Laser light.

Materials and methods: Twenty healthy molars and pre-molars were sectioned into two identical halves, resulting in forty specimens. These specimens were divided into four groups: application of a placebo gel (G1); application of the hybrid LED/Laser light (*Whitening Laser Premium* - (DMC Equipamentos) (G2); application of hydrogen peroxide 6% (Nano White 6% DMC Equipamentos) (G3); application of the hybrid LED/ Laser light + hydrogen peroxide 6% (*Whitening Laser Premium* + Nano White 6% - DMC Equipamentos. Each specimen was submitted to a color stability evaluation through the *SpectroShade™ Micro* spectrophotometer at six different moments: before the bleaching (T0); 24 hours after the first in-office bleaching (T1); Before the second in-office bleaching (T2); 24 hours after the second in-office bleaching (T3); one week after the second in-office bleaching (T4); 30 days after the second in-office bleaching (T5). Descriptive and inferential statistical analysis was applied at a significance level of 5% (SPSS26.0).

Results: Time had a significant influence on the results of color variation ($p < 0.001$), however, there was no significant interaction between the time factor and the group factor ($p = 0.099$). Also, according to the results obtained, we can infer that the color variation occurred in the transition between T1 and T2 ($p = 0.002$), with no significant variations in the subsequent transitions.

Conclusions: Despite the limitations of this study, it is concluded that the light tested alone or in conjunction with 6% hydrogen peroxide does not differ in efficacy from the other groups studied.

Keywords: Tooth whitening; Hydrogen Peroxide; LED; Color.

Índice Geral

I-Introdução	11
1-História	11
2-O Dente.....	12
2.1-Esmalte	12
2.2-Dentina	12
3-Cor	13
3.1-Percepção da cor.....	13
3.2-Propriedades óticas do dente.....	15
3.3-Sistema Munsell	16
3.4-Sistema CIELab.....	17
3.5-Seleção da cor.....	18
3.5.1-Método direto.....	18
3.5.2- Instrumentos de medição	19
4-Alteração da cor da estrutura dentária	20
4.1-Pigmentação extrínseca	20
4.2-Pigmentação intrínseca	22
4.2.1-Causas pré-eruptivas	22
4.2.2-Causas pós-eruptivas.....	26
5-Agentes branqueadores	27
5.1-Elementos ativos.....	27
5.2-Elementos inativos.....	28
5.3-Mecanismos de ação dos peróxidos.....	29
5.3.1-Difusão.....	30
5.3.2-Interação	30
5.3.3-Alteração da superfície dentária e cor.....	31
5.3.4-Mecanismo de ação do branqueamento apenas com fonte de luz no comprimento de onda visível (violeta)	31
5.4-Fatores que influenciam o branqueamento	32
5.4.1-Concentração e tempo de atuação	32
5.4.2-Ph	32
5.4.3-Calor	32
5.4.4-Fontes de luz	33
5.5-Efeitos secundários associados ao branqueamento dentário	33
5.5.1-Sensibilidade dentária	34

5.5.2-Efeitos na mucosa oral	34
6-Técnicas de branqueamento	35
6.1-Branqueamento de dentes vitais	35
6.1.1-Em consultório	36
6.1.2-Em ambulatório.....	37
6.1.3-Técnica combinada	37
6.2-Branqueamento de dentes não vitais	38
6.2.1-Técnica “walking bleach”	38
6.2.2-Técnica em consultório	38
6.2.3-Técnica interna/externa	39
7-Legislação	39
II-Objetivos	41
III-Hipóteses de estudo	41
IV-Materiais e métodos.....	41
V-Resultados.....	49
VI-Discussão.....	55
VII- Conclusões	59
VIII- Bibliografia	61

Índice de Tabelas

Tabela 1. Elementos ativos de produtos branqueadores (Adaptado de Kwon & Wertz, 2015)	28
--	----

Tabela 2- Dados relativos à variação de cor antes do branqueamento dentário (T0) e após a primeira sessão de branqueamento dentário (T1). Representação do valor médio, desvio-padrão, mínimo, máximo, e intervalo de confiança a 95% para o valor médio.	50
---	----

Tabela 3- Dados relativos à variação de cor entre a primeira (T1) e a segunda (T2) sessão de branqueamento. Representação do valor médio, desvio-padrão, mínimo, máximo, e intervalo de confiança a 95% para o valor médio.	51
---	----

Tabela 4- Dados relativos à variação de cor antes da segunda sessão branqueamento dentário (T3) e após a segunda sessão de branqueamento dentário (T2). Representação do valor médio, desvio-padrão, mínimo, máximo, e intervalo de confiança a 95% para o valor médio.	51
---	----

Tabela 5- Dados relativos à variação de cor um dia após a segunda sessão de branqueamento (T3) uma semana após a segunda sessão de branqueamento (T4). Representação do valor médio, desvio-padrão, mínimo, máximo, e intervalo de confiança a 95% para o valor médio.	52
--	----

Tabela 6- Dados relativos à variação de cor uma semana após a segunda sessão de branqueamento (T4) e um mês após a segunda sessão de branqueamento (T5). Representação do valor médio, desvio-padrão, mínimo, máximo, e intervalo de confiança a 95% para o valor médio.	52
--	----

Tabela 7- Resultados da ANOVA de medidas repetidas, identificando-se a avaliação dos fatores considerados (tempo e grupo) assim como a sua interação (tempo*grupo)	53
---	----

Índice de Figuras

Figura 1. Espectro de luz visível (Adaptada de Shamma & Alla, 2011)	14
Figura 2. Cores aditivas (esquerda) e cores subtrativas (direita) (Adaptado de Goodacre & Sagel, 2011)	15
Figura 3. Modelo tridimensional CIElab (Adaptada de Joiner, 2004).....	17
Figura 4. Pigmentação por tetraciclinas (Adaptada de Manuel <i>et al</i> , 2010)	24
Figura 5. Fluorose dentária (Adaptada de Manuel <i>et al.</i> , 2010)	25
Figura 6. Oxidação das cadeias duplas pelo peróxido de hidrogénio (Adaptada de Carey, 2014)	29
Figura 7- a) cortes seccionais no sentido mesio-distal; b) preenchimento da polpa com cola de cianoacrilato após a remoção dos remanescentes biológicos	43
Figura 8- Espécime nº26 já na base estabilizadora após profilaxia inicial	44
Figura 9 - Exemplo de medição feita através pelo espectrofotómetro utilizando o sistema “angle control”	44
Figura 10- Espécime posicionado na caixa escura do fabricante	45
Figura 11- Aplicação do gel pabebo no G1	46
Figura 12- Exposição dos espécimes à luz híbrida em a) G2 e b) G4	46
Figura 13- Espécimes separadas por grupos selados na estufa	47
Figura 14- Exemplo de medição feita através do sistema “angle control” do espectrofotómetro	47
Figura 15- Gráfico das médias marginais estimadas	53

I - Introdução

1- História

O branqueamento dentário é uma das intervenções estéticas com maior solicitação por parte dos doentes para que se possam enquadrar dentro do “padrão de beleza”. Não obstante, o branqueamento dentário é utilizado desde o Antigo Egito, que conjugava abrasivos com vinagre para branquear os dentes. Os romanos utilizavam urina para este mesmo propósito, técnica que se difundiu pela Europa até ao final do século XVIII (Portolani Junior *et al.*, 2005).

O branqueamento dentário não vital começou em 1848 com hipoclorito de cálcio. Ao longo do séc. XIX vários agentes branqueadores foram utilizados no branqueamento não vital como cianeto de potássio, ácido sulfuroso, cloreto de alumínio, hidrofosfato de cálcio, superoxol, pirozona, entre outros. Todas estas substâncias oxidavam de forma direta ou indireta a porção orgânica do dente, com exceção do ácido sulfuroso que é um agente redutor. (Portolani Junior *et al.*, 2005; Mohammed, 2014)

O branqueamento em dentes vitais começou em 1868 com o uso de ácido oxálico, pirozona e mais tarde peróxido de hidrogénio. Em 1911, a associação de peróxido de hidrogénio com fontes de luz ou calor foi considerada aceitável para uso em Medicina Dentária. (Portolani Junior *et al.*, 2005; Mohammed, 2014)

No final dos anos 60 a técnica do branqueamento em ambulatório foi implementada quando um ortodontista que prescreveu um antisséptico oral, Gly-Oxide (Marion Merrell Dow, Kansas City, MO, USA) para o tratamento de uma gengivite, que continha peróxido de carbamida a 10% aplicado de forma tópica com a utilização de moldeiras adaptadas. Verificou que ocorria o branqueamento dentário passando então a ser utilizado como técnica para esta finalidade (Portolani Junior *et al.*, 2005; Perdigão, 2016; Mohammed, 2014).

Produtos branqueadores de venda livre (“*over the counter*”) foram lançados pela primeira vez nos Estados Unidos da América como produtos com concentrações baixas de peróxido de carbamida e peróxido de hidrogénio para serem vendidas diretamente ao consumidor (Portolani Junior *et al.*, 2005; Perdigão, 2016; Mohammed, 2014).

O branqueamento dentário em consultório utiliza diferentes concentrações de peróxido de hidrogénio entre 15% a 40% com ou sem a aplicação de luz (Portolani Junior *et al.*, 2005)

(Mohammed, 2014). Em Portugal, devido à legislação vigente, a concentração máxima de peróxido de hidrogénio permitida é de 6% (Diretiva 2011/EU do Conselho).

2 - O dente

O dente é composto por um tecido duro, inerte e acelular denominado esmalte, suportado por um tecido vital duro menos mineralizado e mais resiliente que é a dentina que por sua vez é suportada e formada pela polpa dentária. (Nanci, 2018)

2.1- Esmalte

O esmalte dentário é o tecido mais mineralizado do corpo humano consistindo em mais de 96% de matéria inorgânica na forma de cristais de hidroxiapatite e uma percentagem residual de matéria orgânica. As células responsáveis pela formação do esmalte (ameloblastos) cobrem toda a superfície dentária, mas são perdidas quando o dente erupciona. A perda dessas células leva à formação de uma matriz não vital que quando é destruída não pode ser substituída ou regenerada. Para compensar essa limitação inerente, o esmalte possui uma elevada mineralização e complexa organização estrutural. A sua composição e características estruturais permitem ao esmalte suportar as forças mastigatórias e agressões contínuas por ácidos presentes nos alimentos e pelas bactérias. Ainda que o esmalte seja um tecido não vital, ele é permeável havendo uma troca de iões entre o esmalte e a cavidade oral (Lacruz *et al*, 2017; Nanci, 2018)

2.2 – Dentina

Devido à elevada carga mineral, o esmalte não aguentaria as forças mastigatórias sem fraturar não fosse o suporte de um tecido mais resiliente. Este tecido é a dentina, que forma o volume do dente e desta forma suporta o esmalte (Nanci, 2018)

A dentina é um tecido avascular, mineralizado, elástico com uma coloração branca-amarelada. A sua parte mineral também é a apatite, a sua componente orgânica é principalmente proteína de colagénio fibrilar. Uma das principais características da dentina é a sua permeabilidade

devido aos túbulos dentinários que atravessam toda a extensão da dentina contendo no seu interior extensões citoplasmáticas dos odontoblastos. A dentina é um tecido sensível que possui como uma de suas principais características, sua capacidade de reparação por estímulos aos odontoblastos ou a polpa, que responde depositando mais dentina (Chu et al, 2014; Nanci, 2018).

3 - A cor

A aparência policromática do dente encontra-se relacionada principalmente com a cor da dentina, sendo influenciada também pela espessura e grau de translucidez do esmalte nas diferentes regiões da coroa. (Rauber *et al.*, 2019; Stosic *et al.*, 2019).

A cor do dente depende também do volume da câmara pulpar. Cada dente tem uma variação na coloração desde o terço incisal até o terço cervical. Devido à proximidade da dentina e do esmalte e devido ao fato do esmalte ter menor espessura na zona cervical, esta zona parece mais escura. Na maior parte dos casos o canino é mais escuro que os incisivos centrais e laterais (Stosic *et al.*, 2019).

3.1- Percepção da cor

Para podermos discutir a cor temos primeiro que avaliar como a cor é percebida. O olho humano faz convergir os fótons de luz na retina, onde existem células fotossensíveis, bastonetes, que transformam os fótons em impulsos nervosos. Essa informação depois é interpretada pelo cérebro originando uma imagem. O que é percebido como luz é a radiação eletromagnética dentro de uma banda estreita de comprimentos de onda chamada espectro visível. A banda visível pelo olho humano situa-se entre os 380nm e 780nm (Figura 1). Os comprimentos de onda como os raios gama, raio-x, ultra-violeta, infra-vermelho, micro-ondas e rádio não podem ser percebidos pelo olho humano (Joiner & Luo, 2017; Shammas & Alla, 2011).

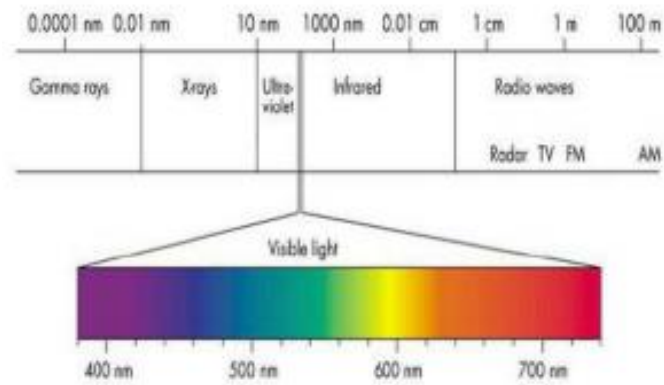


Figura 1. Espectro de luz visível (Adaptada de Shammas & Alla, 2011)

A luz não é realmente branca, o que nós vemos é a combinação de todas as cores do arco-íris – encarnado, laranja, amarelo, verde, azul, violeta. Quando a luz branca passa por um prisma de cristal, os comprimentos de onda mudam de direção e formam cores individuais dentro do espectro visível. A luz pode ser refletida, absorvida ou transmitida. Os objetos não possuem cor própria mas refletem um comprimento de onda específico e absorvem os restantes. Por exemplo um objeto encarnado absorve todos os comprimentos de onda excepto o da cor encarnado. Se toda a luz é refletida o objeto aparece branco. Se toda a luz for absorvida o objeto aparece negro (Shammas & Alla, 2011)

Existem dois tipos de cor, cores aditivas ou subtrativas (Figura 2)

As cores aditivas são obtidas a partir da luz emitida e estão associadas com os visores de computador e televisões. As cores aditivas primárias são o encarnado, o azul e o verde. As cores secundárias são o ciano, o amarelo e o magenta. Quando as cores aditivas primárias são combinadas produz-se o branco. (Shammas & Alla, 2011)

As cores subtrativas estão associadas com a luz refletida e são utilizadas em pigmentos para o fabrico de tintas, tecidos, entre outros. As cores primárias subtrativas são o encarnado, o amarelo e o azul- As cores secundárias são o verde, o violeta e o laranja. Quando as cores subtrativas são combinadas origina-se o preto. (Shammas & Alla, 2011)

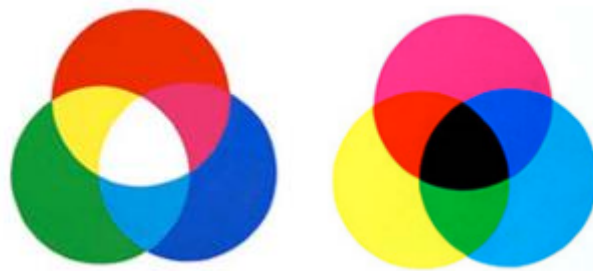


Figura 2. Cores aditivas (esquerda) e cores subtrativas (direita) (Adaptada de Goodacre & Sagel, 2011)

3.2- Propriedades óticas do dente

A cor de um dente é determinada por uma combinação das suas propriedades óticas. Quando a luz incide no dente existem quatro possíveis interações: (1) Transmissão da luz pelo dente; (2) Reflexão da luz na superfície; (3) Reflexão difusa à superfície; (4) Absorção e propagação da luz pelos tecidos dentários (Joiner, 2004).

Características óticas como brilho, opacidade e translucidez e fenômenos óticos como metamerismo, opalescência e fluorescência alteram a percepção da cor (Kwon & Wertz, 2015).

Metamerismo – Dois objetos podem parecer da mesma cor sob determinada luz e sob outra parecem totalmente diferentes. O problema com o metamerismo pode ser resolvido quando ao selecionar a cor, observarmos sobre diferentes tipos de luz (luz natural, luz fluorescente) (Shammas & Alla, 2011). A cor percebida depende da natureza da fonte de luz e de que comprimentos de onda são refletidos. Quanto mais próxima for a soma dos comprimentos de onda refletidos dos dois materiais comparados, mais bem-sucedida será a combinação das cores (Fondriest, 2012).

Fluorescência- A fluorescência é uma forma de fotoluminescência, onde a luz ultravioleta é absorvida por um objeto e depois emite radiação dentro do espectro visível (Correia *et al*, 2005). A fluorescência nos dentes ocorre principalmente na dentina por causa da maior quantidade de matéria orgânica (Fendriest, 2012).

Opalescência- É a habilidade de um material translúcido apresentar tonalidades azuis quando a luz é refletida e vermelho-alaranjadas quando a luz é propagada (Shammas & Alla, 2011). Quando a luz incide nos microcristais e nas substâncias coloidais do esmalte, ela

dispersa e refrata. A este efeito luminoso dá-se nome de opalescência. Revela-se como uma reflexão de luz azul no bordo incisal e um tom alaranjado no colo cervical (Correia *et al*, 2005).

3.3-Sistema de Munsell

O método mais popular da descrição da cor é o sistema de Munsell (Ontiveros & Parafina, 2011; Goodacre & Sagel, 2011; Sproull, 1973) desenvolvido no início do sec. XX (Goodacre & Sagel, 2011). Este sistema divide a cor em três características: matiz, croma e valor (Shammas & Alla, 2011; Goodacre & Sagel, 2011).

O matiz é a qualidade que distingue uma família de cor da outra. O matiz pode ser encarnado, verde, amarelo, entre outros (Shammas & Alla, 2011; Sproull, 1973; Goodacre & Sagel, 2011). Família é o nome que damos ao grupo de cores. Existem 10 famílias no sistema de cores de Munsell – encarnado, amarelo-encarnado, amarelo, verde-amarelo, verde, azul-verde, azul, roxo-azul, roxo, roxo-encarnado (Goodacre & Sagel, 2011). O matiz é especificado pelo intervalo de comprimentos de onda dominantes dentro do espectro visível (Fondriest, 2012).

O croma é a intensidade ou saturação de uma cor (Ontiveros & Parafina, 2011; Fondriest, 2012). É a qualidade que distingue uma cor forte de uma cor fraca. A escala do croma começa no 0 (acromático) e sobe em valor numérico indicando a cor mais forte. No sistema de Munsell é definido como fraco, moderado e forte. Um croma forte seria entre os valores de 7 a 10 (Goodacre & Sagel, 2011)

O valor é a qualidade que distingue uma cor clara de uma cor escura (Shammas & Alla, 2011; Goodacre & Sagel, 2011). A amplitude de valores dentro deste sistema varia entre 0 e 10 em que 0 é preto e 10 é branco com uma variedade de cinzentos pelo meio. Cores com um valor baixo são cores mais escuras e cores com um valor mais alto são cores mais claras. Ao igualar a cor de um dente o valor é normalmente o atributo mais difícil. Uma dessas razões é que uma diferença no valor é facilmente detectada até por um olho não treinado, e muitas vezes quando o valor numa restauração não é o apropriado o paciente pode reclamar que a restauração está muito escura. Por outro lado as diferenças no valor são detetáveis tanto ao perto como ao longe ao contrário do matiz e do croma em que as diferenças se tornam cada vez menos notáveis à distância (Goodacre & Sagel, 2011). O valor é a soma da quantidade total de luz que retorna

de um objecto iluminado ou seja diminuir o valor significa que mais luz foi absorvida ou refractada ou transmitida (Fondriest, 2012)

3.4-Sistema CIELab

O estudo da cor continuou a partir do modelo de Munsell e em 1976 a “Comission Internationale de l’Éclairage” (CIE) publicou o sistema de cor CIELab (Figura 3) que é um modelo tridimensional onde o L^* indica o brilho o a^* representa o vermelho se for positivo e verde se for negativo e o b^* representa o amarelo se for um valor positivo e azul se for negativo. Se a^* e b^* forem 0 o valor de L^* encontrar-se-á no eixo do y e representará alguma tonalidade entre o branco e o preto (branco e cinzentos), ou seja, o as alterações que ocorram aplicam-se apenas ao eixo correspondente à luminosidade. (Goodacre & Sagel, 2011; Joiner, 2004). Quando os valores de a^* e b^* aumentam as cores tornam-se mais saturadas. (Joiner, 2004)

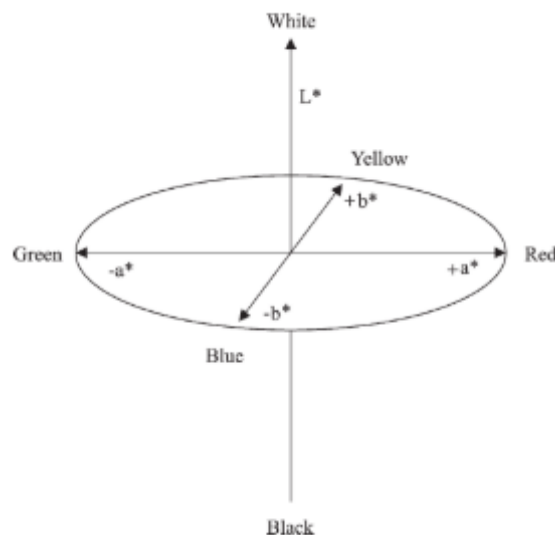


Figura 3. Modelo tridimensional CIELab (Adaptado de Joiner, 2004)

O sistema CIELab é utilizado comumente para medir as mudanças de cor, nomeadamente as mudanças da cor dos dentes após a aplicação de produtos de branqueamento. Para quantificar a mudança de cor são utilizadas equações. δL^* é a alteração brilho e pode ser calculada com $L_1^* - L_2^*$ onde L_1^* representa o valor inicial de L^* e L_2^* é o valor de L^* após o branqueamento dentário. A mudança da cor de a^* e b^* é feita do mesmo modo (Goodacre & Sagel, 2011).

δE^* representa a mudança da cor em geral. Este é definido como $\sqrt{\delta L^{*2} + \delta a^{*2} + \delta b^{*2}}$. É necessária cautela ao interpretar os valores de δE^* pois não nos dá informação sobre a qualidade ou direção da mudança. Por exemplo se o nosso L^* se torna um valor negativo ($-\delta L^*$) significa que o dente ficou mais escuro enquanto se o L^* passar de um valor negativo para um positivo o dente fica mais claro mas nas duas situações tem o mesmo valor na mudança do E^* (Goodacre & Sagel, 2011).

L^* indica-nos o valor. O matiz (h_{ab}) e o croma (C^*_{ab}) são nos dados pelas equações $h_{ab} = \tan^{-1}(\frac{a^*}{b^*})$ e $C^*_{ab} = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$ (Joiner & Luo, 2017).

Em muitos casos a medida entre duas cores pode ser-nos mais útil do que a medida do valor absoluto da cor. A diferença da cor é nos dada por δE^*_{ab} e é definida pela distância Euclidiana entre as coordenadas de dois estímulos no espaço de cores CIElab. Estudos citam que a diferença mínima detectável ao olho humano é de 1.0 (Joiner & Luo, 2017).

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}}$$

3.5 - Seleção da cor

São utilizados diversos métodos para a seleção cor. Variam de métodos diretos por comparações visuais a instrumentos de medição objetivos utilizando espectrofotômetros e colorímetros (Joiner, 2004)

As escalas de cores são exemplos de várias combinações possíveis dos diferentes parâmetros disponibilizadas pelos fabricantes dos compósitos e porcelanas para ajudar o clínico a escolher a cor. O método de escolha da cor direto envolve uma comparação visual direta das diferentes amostras que estão presentes na escala de cores com o dente natural de forma a determinar qual mais se assemelha (Goodacre & Sagel, 2011).

3.5.1- Método Direto

A determinação visual da cor é feita por comparação do dente com escalas de cor comerciais e este é o método mais aplicado na prática clínica. É um processo subjetivo onde ocorre a visualização simultânea da escala e do dente sob as mesmas condições de iluminação.

Muitas variáveis como a luz exterior, experiência do clínico, idade, fadiga e variáveis fisiológicas como daltonismo podem levar a inconsistências. (Joiner, 2004; Joiner & Luo, 2017). É, apesar de tudo, um método rápido e com um bom custo-benefício e a capacidade de avaliação por parte do profissional pode ser melhorada com treino e experiência (Joiner & Luo, 2017)

As escalas de cor vêm em vários tipos e formas, mas essencialmente o seu *design* envolve uma série de dentes com cores padrão que são organizadas de acordo com croma e/ou valor. (Joiner & Luo, 2017)

A escala *VITAPAN Classical* foi introduzida pela primeira vez em 1956 e é desde então amplamente utilizada para a seleção de cor em Medicina Dentária. No entanto não é a ferramenta mais apropriada para medir as mudanças de cor após o branqueamentos (Joiner & Luo, 2017; Ontiveros & Parafina, 2011). Em 1998 é introduzido o *VITA 3D-MASTER* que tem uma distribuição mais lógica e ampla das cores (Joiner & Luo, 2017).

O clínico deve tentar utilizar uma fonte luminosa que contenha o total espectro sem dominância de nenhum comprimento de onda. Quando um objeto é visualizado sob uma luz de um determinado comprimento de onda, essa cor específica torna-se dominante aos olhos do observador (Ontiveros & Parafina, 2011). Existem três tipos de fontes de luz:

- 1- Luz incandescente: Emite uma luz amarelada. Não é indicada para escolha de cor
- 2- Luz fluorescente: Emite uma luz azulada. Não é indicada para a escolha da cor.
- 3- Luz natural: A luz do hemisfério norte é considerada a melhor luz para a escolha da cor pois é a que está mais próxima de emitir o total espectro de luz branca (Shammas & Alla, 2011).

O dente possui uma variedade de cores desde a sua zona cervical até à zona incisal. Na hora da escolha da cor o observador deve aprender a focar apenas o terço médio (Joiner, 2004).

3.5.2.- Instrumentos de medição

Em oposição ao método visual subjetivo na qual as condições e métodos não são controlados, surgiu a necessidade de instrumentos que o fizessem de uma maneira mais fidedigna (Chu *et al.*, 2010).

O espectrofotômetro, possui um sistema de iluminação LED que emite uma luz contante no espectro semelhante ao da luz natural. A área analisada é iluminada e refletida num sensor CCD branco e preto localizado no final do sistema ótico. Esse sensor CCD consegue interpretar a informação entre os comprimentos de onda dos 400 aos 700 nm (Llena *et al.*, 2011).

O espectrofotômetro *SpectroShadeTM Micro* (MHT Optic Research, Itália) é um espectrofotômetro de imagem. Utiliza uma combinação de câmara digital/LED e possui um computador interno com um *software* analítico. Possui um sistema guia para o posicionamento correto durante a medição da cor. As imagens e dados espectrais podem ser guardados na memória interna e podem ser transferidas para computador (Chu *et al.*, 2010).

4- Alteração de cor da estrutura dentária

O dente humano é composto por tecidos duros diferentes na sua composição mineral e função. Estes tecidos estão em uma troca constante e dinâmica de iões com o biofilme oral para manter um equilíbrio mineral. Esta propriedade é em parte responsável pela pigmentação extrínseca. Os mecanismos que desencadeiam a ligação e retenção das moléculas pigmentantes ainda não estão muito bem esclarecidos (Perdigão 2016)

As causas para a pigmentação dentária foram classificadas como extrínsecas e intrínsecas. A pigmentação extrínseca ocorre por deposição de pigmento na superfície do dente ou na película adquirida (ex: chá, vinho, clorexidina). A pigmentação intrínseca ocorre quando os cromogéneos estão na matriz do dente, podendo ser de origem local ou sistemática. (Baharvand, 2014; Hattab, 1999; Jayasrikrupaa *et al.*, 2020; Manuel *et al.*, 2010). A pigmentação intrínseca está associada à capacidade de reflexão e absorção da luz pelo esmalte e a dentina. (Joiner, 2004)

A cor de um dente é influenciada por uma combinação da sua cor intrínseca e a presença de manchas extrínsecas que se formam na superfície do dente (Joiner & Luo, 2017)

4.1-Pigmentação Extrínseca

A pigmentação extrínseca é definida como sendo a deposição de cromogéneos na superfície externa do dente e é causada por agentes tópicos ou extrínsecos. É subcategorizada

em (1) não metálico ou pigmentação direta, (2) metálica ou pigmentação indireta (Baharvand, 2014; Jayasrikrupaa *et al.*, 2020; Manuel *et al.*, 2010; Sulieman, 2005). A pigmentação direta acontece pela incorporação dos compostos na película aderida e a mancha resultante é da cor do cromogéneo. A pigmentação direta é de etiologia multifatorial com cromogéneos que podem derivar quer da dieta, quer de substâncias frequentemente colocadas na cavidade. A pigmentação indireta, por outro lado, é causada por uma interação química na superfície do dente, que está geralmente associada a antissépticos catiónicos e sais metálicos. Estes agentes são sem cor ou de cor diferente da mancha originada na superfície dentária. (Manuel *et al.*, 2010)

A prevalência deste tipo de manchas aumenta com a idade e é maior nos homens do que nas mulheres. Existem vários fatores que podem modificar a ocorrência de uma pigmentação extrínseca como: a) defeitos no esmalte, b) disfunção salivar, c) má higiene oral, d) fissuras microscópicas no esmalte (Jayasrikrupaa *et al.*, 2020). Este tipo de manchas superficiais normalmente pode ser removido com profilaxia (Thomas & Denny, 2014). A pigmentação extrínseca pode ter diferentes etiologias:

1. Dieta: Pigmentação direta por alimentos que possuem uma coloração muito forte como chás, café, bagas, etc; (Jayasrikrupaa *et al.*, 2020). Também pode ocorrer por transformação química da película adquirida e ser causada por agentes como o ácido tânico que está presente em várias frutas, vinhos e até café e chá que causam a desnaturação da película (Jayasrikrupaa *et al.*, 2020). Manchas castanhas escuras ou negras podem notar-se na dentição das pessoas que tomam suplementos de ferro (Thomas & Denny, 2014);
2. Higiene oral: A acumulação de placa bacteriana, tártaro e resíduos alimentares podem causar manchas negras ou castanhas. As bactérias cromogénicas também foram sugeridas como sendo o fator etiológico de manchas que aparecem tipicamente próximas à margem gengival (Hattab, 1999; Manuel *et al.*, 2010; Jayasrikrupaa *et al.*, 2020);
3. Hábitos: Tabaco, consumido em cigarros, cachimbos ou de mascar causam manchas castanhas escuras que cobrem desde a zona cervical do dente até o meio do dente. (Hattab, 1999; Sulieman, 2005);

4. Medicação: Antissépticos catiónicos como a clorexidina podem provocar a pigmentação dentária após um uso prolongado (Cardoso *et al.*, 2011). Acredita-se que ocorra a precipitação dos cromogêneos dietéticos aniônicos nos catiões absorvidos, pelo que é importante aconselhar os pacientes, que estão a fazer o uso de colutórios de clorexidina, a diminuir o consumo de bebidas que contenham polifenóis como vinhos, chás e café e enxaguar a boca imediatamente após o consumo (Hattab, 1999; Thomas & Derry, 2014). Produz uma mancha que pode ter a tonalidade castanha e negra. Algumas medicações sistémicas como a minociclina, doxiciclina, co-amoxiclav e o linezolid também estão relacionadas com a coloração extrínseca (Thomas & Derry, 2014);
5. Ocupação e fatores ambientais: A exposição industrial a ferro, magnésio e prata podem pigmentar o dente de preto. O mercúrio e o chumbo deixam uma coloração azul-esverdeada. O cobre e o níquel deixam um tom verde-azulado e os fumos de ácido crómico podem deixar uma cor alaranjada em profundidade (Hattab, 1999; Manuel *et al.*, 2010);

4.2-Pigmentação Intrínseca

A pigmentação intrínseca situa-se na estrutura interna do dente pela incorporação de materiais cromogénicos no esmalte e na dentina, a qual pode ocorrer tanto numa fase pré-eruptiva como numa fase pós-eruptiva (Manuel *et al.*, 2010; Thomas & Derry, 2014; Jayasrikrupaa *et al.*, 2020).

4.2.1-Causas Pré-Eruptivas

Os dentes podem ter uma alteração de cor devido à qualidade e quantidade do esmalte e da dentina ou pela deposição do agente cromogénico nos tecidos dentinários durante o desenvolvimento (Baharvand, 2014; Jayasrikrupaa *et al.*, 2020)

1. Perturbação durante a formação do gérmen do dente. Pode estar localizada num único dente ou ser generalizada. O dente hipoplásico de Turner é o exemplo de uma

pigmentação localizada que ocorre por trauma durante o desenvolvimento do dente. Infecções por *Streptococcus*, Cytomegalovirus, Varicela-Zoster ou por deficiência em vitamina C e D, cálcio e fosfato também são possíveis perturbações que ocorrem durante o desenvolvimento do dente. (Jayasrikrupaa *et al*, 2020). A pigmentação surge neste caso como uma opacidade localizada num dente erupcionado. (Manuel *et al*, 2010);

2. Origem Genética. Consiste em doenças hereditárias como a Amelogénese Imperfeita, a Dentinogénese Imperfeita ou Displasia Dentinária. A Amelogénese Imperfeita tem uma aparência acastanhada enquanto a Dentinogénese Imperfeita e a Displasia Dentinária têm tons já mais amarelados. (Hattab, 1999; Jayasrikrupaa *et al*, 2020; Sulieman, 2005);
3. Distúrbios Metabólicos. Os distúrbios metabólicos ocorrem quando há uma reação química anormal que altera o funcionamento metabólico. No caso da icterícia neonatal, há um aumento na bilirrubina no organismo levando à sua deposição no esmalte e dentina, o que deixa um tom amarelado no dente. Já na Doença de Gunther ou Porfíria Eritropoética Congénita há um aumento de formação e excreção das porfirinas. O pigmento da porfirina tem afinidade para o fosfato de cálcio e é incorporado no dente durante a sua formação o que causa uma cor castanho-avermelhada muito característica que é conhecida por Eritrodontia. (Jayasrikrupaa *et al*, 2020) O dente afetado apresenta uma cor vermelha fluorescente sob a luz ultravioleta. A alcaptonúria, também conhecida como fenilcetonúria ou ocronose é uma alteração do metabolismo da tirosina e fenilalanina, causando uma acumulação de ácido homogentístico, a qual resulta numa coloração acastanhada na dentição permanente (Manuel *et al*, 2010; Sulieman, 2005). A Hipomineralização do Esmalte ou dente de “Turner” é uma condição idiopática caracterizada por uma alteração grave do esmalte dos incisivos e primeiros molares. Os defeitos do esmalte podem variar entre branco, amarelo e acastanhado com áreas com uma delimitação demarcada entre o esmalte saudável e afetado. As possíveis etiologias para esta condição incluem alterações ambientais, infecções durante a infância, dioxina no leite materno e fatores genéticos (Hattab, 1999; Sulieman, 2005).

4. Medicação. Fármacos da família das tetraciclina estão amplamente associados a pigmentação intrínseca. (Bonilla *et al*, 2007). O primeiro caso de pigmentação por tetraciclina foi reportado no fim dos anos 50 após a sua introdução como antibiótico de amplo espectro (Perez *et al*, 2002; Silva *et al*, 2015). A exposição às tetraciclina entre o segundo trimestre da gravidez até aos 8 anos de idade pode afetar os dentes, os ossos e as unhas. (Belavender, 1964). A molécula da tetraciclina liga-se aos íons de cálcio na superfície dos cristais de hidroxiapatite formando um complexo muito estável (Perez *et al*, 2002; Silva *et al*, 2015). Esta pigmentação costuma ter tons que variam do amarelo ao castanho acinzentado (Figura 4) e apresenta fluorescência quando com a incidência de a luz ultravioleta dando um tom de amarelo vivo. (Jayasrikrupaa *et al*, 2020) A aparência do dente é pior na erupção e a sua coloração atenua-se ao longo do tempo (Manuel *et al*, 2010). A pigmentação pela tetraciclina foi classificada de acordo com a sua gravidade. No primeiro grau há uma leve coloração amarelada distribuída uniformemente pelo dente. No segundo grau já há uma maior variabilidade de tons entre o amarelo, castanho ou cinzento, numa intensidade um pouco maior, mas ainda uniforme. É o grau mais frequente. No terceiro grau há uma saturação ainda maior e o aparecimento de bandas ou linhas. Por fim, no quarto grau as tonalidades já são mais escuras com bandas ou estrias e presença de uma superfície irregular (Suliman, 2005; Bonilla *et al*, 2007)



Figura 4. Pigmentação por tetraciclina (Adaptada de Manuel *et al*, 2010)

A minociclina, um derivado semissintético da tetraciclina pode levar a uma coloração cinzento-esverdeada ou cinzento-azulada após uso prolongado. Ao contrário da restante família das tetraciclina, a minociclina causa a pigmentação durante e após a formação

e erupção completa dos dentes. Quatro teorias foram propostas para explicar o possível mecanismo deste efeito. A primeira é a teoria extrínseca, que associa a ligação da minociclina com as glicoproteínas na película adquirida, oxidando-se pela exposição ao ar ou por atividade bacteriana, e resultando na degradação do anel aromático com formação de um complexo insolúvel preto. É possível que o pigmento seja incorporado na dentina pelo processo de desmineralização e remineralização. A segunda teoria é a teoria intrínseca onde a minociclina se liga a proteínas do plasma depositadas em tecidos ricos em colagénio, oxidando-se lentamente ao longo do tempo com a exposição à luz. A terceira hipótese é que o fármaco quele ao ferro para formar um complexo insolúvel. A quarta sugestão é que a minociclina pode ser depositada na dentina durante a dentinogénese secundária e o processo pode ser acelerado pelo bruxismo (Good & Hussey, 2003; Patel et al, 1998).

5. Fluorose Dentária. É a mais comum das pigmentações intrínsecas. Tem uma causa ambiental cuja cor esbranquiçada resulta de uma hipomineralização do esmalte devido a elevada ingestão de flúor durante os estágios iniciais de maturação do esmalte (Figura 5) (Jayasrikrupaa *et al*, 2020). A gravidade da fluorose dentária depende da dosagem, tempo de exposição, fase da atividade dos ameloblastos e suscetibilidade individual. Uma ingestão diária de mais que os recomendados 0.05-0.07mg de flúor/ kg/dia pode ser suficiente para causar a fluorose dentaria. As fontes de flúor incluem águas naturalmente ou artificialmente fluoretadas, bebidas comerciais fluoretadas e produtos de higiene oral. (Manuel *et al*, 2010). Clinicamente apresenta-se como linhas brancas na superfície do esmalte. (Jayasrikrupaa *et al*, 2020). Em casos mais graves podem aparecer manchas castanhas ou até haver perda localizada do esmalte externo (Manuel *et al*, 2010). Estas manchas mais escuras poderão ter uma causa pós eruptiva por incorporação de pigmentos extrínsecos no esmalte poroso (Suliman, 2005).

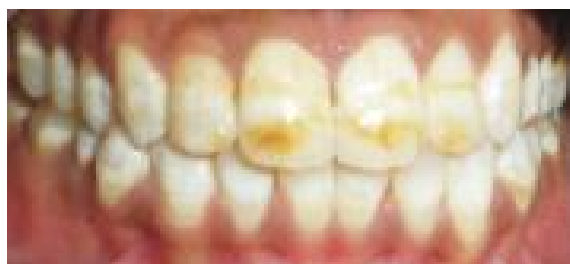


Figura 5. Fluorose dentaria (Adaptada de Manuel *et al.*, 2010)

4.2.2-Causas Pós-Eruptivas

É um tipo de pigmentação intrínseca que ocorre após a erupção do dente.

1. Condição dentária. As lesões de cárie podem ser identificadas por uma alteração de cor conforme a progressão da doença (Manuel *et al.*, 2010; Jayasrikrupaa *et al.*, 2020). O processo patogénico da cárie dentária começa com uma lesão incipiente confinada ao esmalte. A lesão de cárie incipiente está associada a acumulação de placa e manifesta-se como uma área esbranquiçada devido à desmineralização secundária. Conforme a lesão progride até à dentina o esmalte transparente revela a coloração amarelo-acastanhada da lesão de cárie subjacente. Uma lesão de cárie extensa envolvendo a destruição de esmalte e a dentina produz tonalidades que variam entre castanho claro, castanho escuro a quase preto. A perda de estrutura dentária devido aos fenómenos de atrição, abrasão e erosão levam a que o dente fique progressivamente mais escuro e devido a menor espessura do esmalte, a cor da dentina fica cada vez mais aparente (Manuel *et al.*, 2010).

O escurecimento natural dos dentes e a mudança nas suas propriedades de transmissão de luz ocorrem naturalmente com a idade e dá-se a uma combinação de fatores que envolvem tanto o esmalte como a dentina. O esmalte fica cada vez menos espesso e passa por uma mudança de textura. A dentina passa pelo processo de formação de dentina secundária e terciária. Todos estes fatores contribuem para o processo de envelhecimento do dente (Manuel *et al.*, 2010);

2. Condição pulpar. A lesão pulpar, seja ela de origem bacteriana, mecânica ou química pode causar necrose da polpa que resulta na libertação de produtos que penetram nos túbulos dentinários causando pigmentação da dentina (Manuel *et al.*, 2010; Jayasrikrupaa *et al.*, 2020). Um trauma agudo num dente erupcionado pode causar uma hemorragia intrapulpar deixando uma coloração avermelhada. Em caso de necrose, esta coloração pode mudar para um tom cinzento-acastanhado após alguns dias. Neste caso, a hemólise dos eritrócitos seguido da libertação do grupo *heme* irá-se-à combinar com a polpa necrótica para formar sulfito de ferro preto (Manuel *et al.*, 2010);

A formação excessiva de dentina na câmara pulpar ao longo das paredes dos canais pode ocorrer após algum trauma. É conhecido como processo de calcificação,

resultando numa diminuição gradual da translucidez deixando um tom amarelo ou amarelo-acastanhado. (Manuel *et al*, 2010)

A reabsorção interna conhecida por dente rosa de *mummy* é uma lesão rosada na zona cervical do dente que sofreu previamente trauma adjacente (Jayasrikrupaa *et al*, 2020);

3. Materiais Dentários. Vários materiais restauradores que utilizamos diariamente na clínica podem levar a pigmentação do dente. Materiais que contêm eugenol, fenol e poliantibióticos que utilizamos durante o tratamento endodôntico contêm pigmentos que podem manchar a dentina. O material restaurador mais conhecido por causar pigmentação é o amalgama que deixa uma coloração azulada em redor da restauração (Manuel *et al*, 2010; Jayasrikrupaa *et al*, 2020).

5- Agentes Branqueadores

Os produtos branqueadores disponíveis no mercado possuem componentes ativos e inativos.

5.1- Elementos Ativos

Os elementos ativos incluem peróxido de hidrogénio e peróxido de carbamida. (Mohammed, 2014). Na Tabela 1 temos os diferentes tipos de elementos ativos.

O peróxido de hidrogénio (H_2O_2) é um líquido incolor, ligeiramente mais viscoso que a água, com uma baixa massa molecular de apenas 34.01 g/mol. Consegue difundir-se na dentina onde interage com a matéria orgânica e inorgânica no interior dos túbulos dentinários (Karaaslan *et al*, 2018; Kwon & Wertz, 2015). É um forte oxidante utilizado em concentrações entre 5% e 35%, produzindo radicais livres e aniões de peróxido de hidrogénio. O peróxido de hidrogénio é produzido, utilizado e destruído naturalmente pelo nosso organismo. Assim, o nosso corpo consegue proteger-se contra o *stress* oxidativo aproveitando o ciclo redox da glutathione, catalase, ascorbato, superóxido dismutase, prostaglandina E1, glutathione peroxidase, vitamina E e peroxidase plasmática. (Kwon & Wertz, 2015).

O peróxido de carbamida ($CH_6N_2O_3$) é um sólido cristalino branco que liberta oxigénio quando entra em contacto com a água. É utilizado em concentrações entre 10% e 35%. A 10%,

a solução de peróxido de carbamida é convertida em 3.35% de peróxido de hidrogénio e 6.65% de ureia. A ureia é seguidamente transformada em amónia e água, aumentando o pH da solução. A ureia também tem propriedades proteolíticas que podem afetar a eficácia do branqueamento. O peróxido de carbamida contém usualmente uma base de glicerina ou carbopol. Este último retarda a libertação do peróxido de hidrogénio o que torna a solução activa por um período maior de tempo (Kwon & Wertz, 2015).

Tabela 1. Elementos ativos de productos branqueadores. (Adaptada de Kwon & Wertz, 2015)

Agente Branqueador	Formula química	Massa molar	Intervalo de percentagem	Modo de ação	Radicais livres
Peróxido de Hidrogénio	H ₂ O ₂	34.01 g/mol	5-40	Oxidação	OH, OOH [·] , O ₂ ^{·-}
Peroxido de Carbamida	CH ₆ N ₂ O ₃	94.07 g/mol	10-35	Oxidação	OH, OOH [·] , O ₂ ^{·-}
Perborato de Sódio	NaBO ₃	99.82 g/mol	NA	Oxidação	OH, OOH [·] , O ₂ ^{·-}
Dióxido de Cloro	ClO ₂	67.45 g/mol ⁵	0.07	Oxidação	ClO ₂

5.2- Elementos Inativos

Os ingredientes inativos podem incluir, espessantes, veículos, conservantes, dispersores de pigmento e sabores (Mohammed, 2014)

Espessantes: O carbopol (carboxipolimetileno) é o agente espessante mais comum em produtos de branqueamento, usado em concentrações entre 0.5% e 1.5%. Este polímero oferece dois benefícios: Aumenta a viscosidade, o que permite uma melhor retenção nas moldeiras e/ou superfície dentária, assim como, o tempo de libertação de oxigénio ativo do produto de branqueamento até 4 vezes (Mohammed, 2014).

Veículo: Glicerina e propilenoglicol são os veículos mais utilizados em produtos branqueadores. O veículo mantém a hidratação e ajuda a dissolver os outros ingredientes (Mohammed, 2014).

Surfactante e dispersante de pigmento: Os géis com estes compostos são mais eficazes. O surfactante aumenta a molhabilidade das superfícies dentárias que permite a difusão do produto branqueador. O dispersante de pigmento mantém os pigmentos em dispersão (Mohammed, 2014).

Conservantes: Os ingredientes mais comuns são o metil, o propilparabeno e o benzoato de sódio. A sua função é prevenir o crescimento bacteriano nos produtos branqueadores e acelerar a degradação do peróxido de hidrogénio pela libertação de metais transitórios como ferro, cobre e magnésio (Mohammed, 2014).

Aromatizantes: Os aromatizantes são utilizados para melhorar o sabor e a aceitação por parte do doente dos produtos de branqueamento (Mohammed, 2014).

5.3- Mecanismo de ação dos peróxidos

O processo de escurecimento dos dentes dá-se pela formação de complexos estáveis. As estruturas que compõem os pigmentos no interior do dente são frequentemente, compostos orgânicos que contêm ligações duplas conjugadas. Estes pigmentos são compostos por grandes quantidades de moléculas de carbono. O branqueamento dá-se pela oxidação de tais complexos com a degradação de uma ou mais ligações duplas deste sistema conjugado originando cadeias mais pequenas e mais claras (figura 6). Este processo químico altera a posição relativa, tipo e número de átomos que compõem essa molécula de carbono transformando-as em dióxido de carbono e água (Carey, 2014; Karaaslan *et al.*, 2018; Kwon & Wertz, 2015).

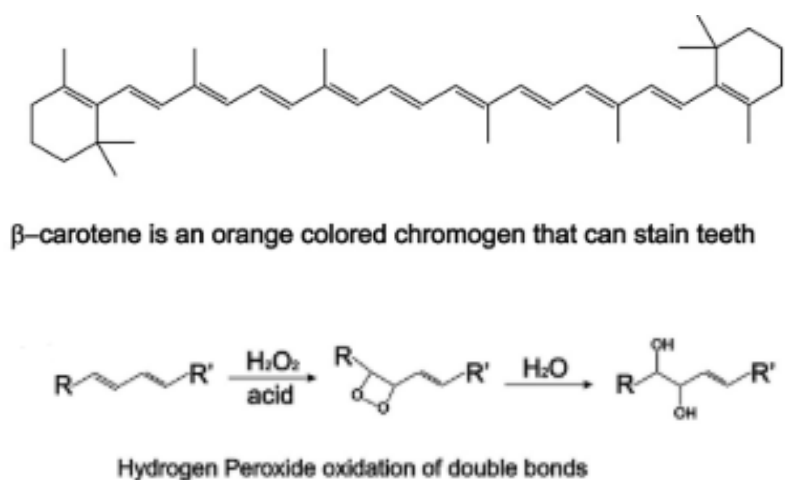


Figura 6. Oxidação das cadeias duplas pelo peróxido de hidrogénio (Adaptada de Carey, 2014)

O mecanismo que altera a percepção da cor pode ser dividido em três fases. A difusão do agente branqueador na estrutura dentária, seguida da interação do agente branqueador com os cromogêneos e por último a alteração da estrutura da superfície dentária que faz com que esta reflita a luz de uma forma diferente. Idealmente os procedimentos branqueadores devem otimizar o branqueamento e ao mesmo tempo minimizar a deterioração da estrutura dentária. (Kwon & Wertz, 2015)

5.3.1- Difusão

O branqueamento dentário passa pela premissa de que o peróxido de hidrogénio atravessa o esmalte e a dentina e interage com os cromogêneos orgânicos. Estes tecidos formam uma membrana semipermeável que permite que o peróxido de hidrogénio se mova de acordo com a segunda lei de Fick, que descreve que a difusão de uma molécula é proporcional à área de superfície, ao coeficiente de difusão e à concentração e é inversamente proporcional à distância de difusão. Isto possibilita a passagem de fluidos nos espaços interprismáticos e nos túbulos dentinários (Kwon & Wertz, 2015).

5.3.2- Interação

Após a difusão, o peróxido de hidrogénio irá reagir com os cromogêneos orgânicos através dos seus radicais livres (Kwon & Wertz, 2015), dissociando-se e dando origem a um anião denominado perhidroxil (HO_2^-) para além de radicais livres instáveis como radicais hidroxilo ($\text{OH}^\bullet$), radicais perhidroxil ($\text{HOO}^\bullet$), aniões perhidroxil (HOO^-) e aniões superóxido ($\text{OO}^\bullet^-$) (Mohammed, 2014)

Outra maneira de haver a formação dos radicais livres é através da clivagem homolítica. Neste fenómeno há a quebra de uma ligação O-O ou O-H presente no peróxido de hidrogénio, dando origem a $\text{H}^\bullet + \bullet\text{OOH}$ e a um radical hidroxilo ($2^\bullet\text{OH}$) (Mohammed, 2014).

Então quando os radicais livres encontram os cromóforos orgânicos, quebram as suas ligações duplas, tornando-as em moléculas mais simples, de baixo peso molecular e hidrófilas que são mais fáceis de remover num meio aquoso (Kwon & Wertz, 2015).

5.3.3- Alteração da superfície dentária e cor

Este mecanismo de quebra das ligações duplas e formação de moléculas mais diminutas faz com que haja uma alteração no espectro de absorção dos cromóforos e consequentemente uma alteração das suas propriedades óticas (Alqahtani, 2014; Kwon & Wertz, 2015)

A maior parte da cor do dente é atribuída à reflexão difusa da dentina e da translucidez do esmalte, sendo a dentina o fator predominante na determinação da cor do dente. No entanto, o esmalte também tem uma contribuição importante já que com a perda de translucidez consegue disfarçar a cor da dentina subjacente (Kwon & Wertz, 2015).

A alteração na translucidez do esmalte dá-se por micro alterações morfológicas da camada mais superficial do esmalte por desprotonação, desmineralização e oxidação que por sua vez irá causar uma diminuição na densidade dos cristais, tornando-os menos compactos. Isto faz com que o seu índice de refração possa aumentar (Perdigão, 2016)

Superfícies ásperas ou rugosas resultam numa reflexão mais difusa, tornando o objeto mais claro, enquanto uma superfície mais lisa resulta numa reflexão especular que aumenta a retrodispersão de comprimentos de onda curtos. Estes são refletidos com tom branco-azulado devido à opalescência das estruturas (Kwon & Wertz, 2015).

5.3.4- Mecanismo de ação do branqueamento apenas com fonte de luz em comprimento de onda visível (violeta)

Ao absorver a luz, as moléculas passam por algumas alterações, nomeadamente a excitação dos eletrões, o que pode resultar no enfraquecimento ou quebra de ligações fortes. Deste fenómeno resulta no branqueamento da estrutura. Este processo acontece em quase todas as estruturas, com maior ou menor intensidade, razão pela qual alguns materiais como plásticos e tecidos ficam mais claros após exposição à luz por um longo período de tempo. Quando utilizamos a luz no limite da banda visível (405-410 nm), a velocidade da reação aumenta milhares de vezes. A luz violeta, devido ao seu comprimento de onda mais curto e alta frequência, interage com as moléculas de pigmento da dentina dado que o seu comprimento de onda coincide com o pico de absorção dessas moléculas, cindindo-as em cadeias mais simples. Por não haver uma reação química, a quebra das moléculas de pigmento é mais seletiva minimizando os efeitos secundários da técnica tradicional. (Brugnera *et al.*, 2020; Gallinari *et al.*, 2019; Panhoca *et al.*, 2017).

5.4- Fatores que influenciam o branqueamento

A velocidade de reação é influenciada por diversos fatores como a concentração do produto branqueador, o tempo de atuação, a profilaxia antes do procedimento, o pH e o calor e o uso de fontes de luz

5.4.1- Concentração e tempo de atuação

A concentração e o tempo de atuação são dois fatores muito importantes no que diz respeito ao sucesso do branqueamento (Rodrigues *et al.*, 2017) sendo que géis com maior concentração necessitam menor número de aplicações para produzir efeito desejado e pode-se notar também que um aumento da concentração permite uma redução do tempo de ação. Assim sendo, um tratamento com uma alta concentração e menor tempo de atuação será tão eficaz como um com um tempo mais alargado com uma concentração mais baixa (D'Arce *et al.*, 2013; Sueliman, 2004).

5.4.2- pH

Diferentes produtos branqueadores têm pHs diferentes já que um meio ácido ajuda a manter o peróxido de hidrogénio estável e facilita o processo do branqueamento. Muitos produtos branqueadores com altas concentrações de peróxido tem um pH baixo (Sa *et al.*, 2021; Xu *et al.*, 2011).

O tratamento ácido a uma estrutura dentária resulta na erosão do esmalte, que pode reduzir a sua translucidez e enfatizar a opacidade da dentina. Este fenómeno representa uma parte do efeito de branqueamento, no entanto essa alteração de cor induzida pela erosão é limitada (Xu *et al.*, 2011).

5.4.3- Calor

O calor é uma forma de acelerar o processo de branqueamento, pois há um aumento da libertação de radicais de hidroxilo conforme o aumento da temperatura. Há um aumento na velocidade de reação duplica para cada 10 °C, o que por sua vez melhora a eficácia do

tratamento. No entanto, um elevado aumento na temperatura pode ter danos irreversíveis para a polpa (Buchalla & Attin, 2006; Karaarslan *et al.*, 2019).

5.4.4- Fontes de luz

Quando apareceu a técnica de branqueamento em consultório com o uso do peróxido de hidrogénio também surgiu a associação de fontes auxiliares de luz (Francci *et al.*, 2010).

Fontes de luz com comprimentos de onda em diferentes espectros são utilizados e diferentes energias de radiação como o halogénio, os díodos emissores luz (LED), o laser de diodo, os lasers de argon e os plasmas foram sugeridos como adjuvante para acelerar a decomposição do peróxido de hidrogénio. Este conceito é baseado na hipótese de que a luz é absorvida e, convertida parcialmente em calor aumentando a libertação dos radicais de hidroxilo (Brugnera *et al.*, 2020; Buchalla & Attin, 2006; Gallinari *et al.*, 2019).

É importante salientar que estas luzes aceleram a reação de oxi-redução e consequentemente a libertação de radicais livres, mas não fotoativam como é descrito em diversas publicidades de marcas comerciais, bem como na literatura (Francci *et al.*, 2010). No entanto nos últimos anos tem aparecido na literatura um novo aparelho de luz LED violeta com comprimento de onda entre (405-410 nm) cujo mecanismo de ação ocorre apenas por mecanismos físicos e aparece como uma alternativa ao branqueamento tradicional com agentes à base de peróxido de hidrogénio (Mondelli *et al.*, 2018).

5.5- Efeitos secundários associados ao branqueamento dentário

Ainda que eficazes, os agentes químicos presentes nos produtos de branqueamento podem causar efeitos secundários na estrutura dentária resultando em diferentes consequências, nomeadamente a sensibilidade dentária que é a maior razão dos pacientes para evitar este tipo de procedimento (Panhoca *et al.*, 2017).

Quando aplicado a dentes vitais, existem vários efeitos adversos associados como sensibilidade dentária, alteração da superfície do esmalte, e consequências resultantes da libertação de componentes dos materiais restauradores (Goldberg *et al.*, 2010).

5.5.1-Sensibilidade dentária

A sensibilidade dentária é um efeito adverso muito reportado na literatura após o branqueamento dentário (Bernardon *et al.*, 2010). Estudos *in vitro* demonstram que o peróxido penetra pelo esmalte e dentina até atingir a polpa. A concentração de peróxido presente nos tecidos dentários está relacionada com a concentração do produto branqueador (Bernardon *et al.*, 2010).

Foram descritas varias etiologias possíveis para explicar a sensibilidade, como o aumento do fluxo do fluido dentinário com a consequente excitação mecânica das fibras nervosas e dos efeitos oxidativos na polpa. Quando os radicais livres que se difundem pelos tubulos dentinários chegam ao complexo pulpo-dentinário desencadeiam um processo inflamatório (Gallinari *et al.*, 2020).

Neste contexto alguns autores propõem o uso da luz violeta com ou sem o uso de géis branqueadores (Rastelli *et al.*, 2018; Kury *et al.*, 2019).

Num estudo realizado por Bernardon *et al.* em 2010 que visava avaliar o comportamento clínico de várias técnicas de branqueamento avaliou-se também a sensibilidade durante e após o tratamento. Foi reportado pelos pacientes uma sensibilidade maior na hemi-arcada branqueada em consultório com um gel de peróxido a 35% do que na hemi-arcada branqueada em casa. Não foram verificadas diferenças nas hemi-arcadas com activação de luz comparativamente com as hemi-arcadas sem activação da luz.

5.5.2-Efeitos na mucosa oral

Quando o médico dentista aplica o produto branqueador há sempre um controlo do possível risco de irritação da mucosa oral, mas o mesmo não acontece no branqueamento caseiro. Este efeito pode ser ainda maior em pacientes que não são seguidos por um médico dentista. As moldeiras individuais bem-adaptadas são um bem indispensável para evitar ou minimizar a irritação da mucosa. (Goldberg *et al.*, 2010; Mohammed, 2014). Um estudo feito em ratos demonstrou que os peróxidos causavam hiperplasia na epiderme e induzia a formação de queratinócitos. (Goldberg *et al.*, 2010)

Por sua vez, a inflamação gengival, é causada pelos radicais livres tóxicos formados entre a reação do peróxido de hidrogénio e as estruturas dentárias ou periodontais (Sossai *et al.*, 2013)

6- Técnicas de branqueamento

O branqueamento dentário pode ser efetuado em dentes vitais ou não vitais. O branqueamento dos dentes vitais, pode ser realizado em consultório, em ambulatório ou uma combinação entre ambos. Dentro do branqueamento dos dentes não vitais temos as técnicas *walking bleaching*, a técnica de consultório interna/externa e também a combinação das duas (Panhoca *et al.*, 2017).

Antes do branqueamento, cada caso deve ser documentado fotograficamente, incluindo nomeadamente a cor, para quantificar de forma objetiva o resultado do tratamento seja visível (Zimmerli *et al.*, 2010)

6.1- Branqueamento de dentes vitais

Produtos de branqueamento dentário promovem o branqueamento dos dentes, seja por atuar na sua coloração intrínseca, seja por remoção e controle dos pigmentos extrínsecos. O primeiro utiliza tipicamente peróxido de hidrogénio e peróxido de carbamida formulado em géis e aplicado na superfície dentária. Uma alternativa para a alteração da pigmentação intrínseca foi descrita com a utilização de covarina azul reduzindo os tons amarelados pela deposição da mesma. As manchas extrínsecas podem ser completamente removidas pela ação de abrasão, polimento e profilaxia. (Joiner & Luo, 2017).

Atualmente existem diversas técnicas de branqueamento disponíveis. A eficácia do branqueamento em ambulatório foi apontada como uma vantagem pelos pacientes. No entanto, o branqueamento em ambulatório é mais demorado que o de consultório (Bernadon *et al.*, 2010; de Carvalho *et al.*, 2020). Por outro lado, por ser um processo mais lento também promove uma melhor estabilidade na cor quando comparada com o branqueamento em consultório. Apesar de ser considerado menos eficaz, o branqueamento dentário em consultório pode alcançar resultados visíveis em apenas uma ou duas sessões (Bernadon *et al.*, 2010) e também

tem a vantagem de evitar a ingestão ou o contacto entre o produto branqueador e a mucosa oral (de Carvalho *et al.*, 2020). No entanto, um estudo que visava avaliar o grau de satisfação dos pacientes demonstrou que estes consideraram que uma sessão foi suficiente para alcançar os resultados desejados (Bernadon *et al.*, 2010; Rodrigues *et al.*, 2018).

Dentro destas duas categorias principais de técnicas branqueamento existem outras variáveis como o agente branqueador, concentração e tempo de aplicação (Bernadon *et al.*, 2010).

6.1.1- Em consultório

O branqueamento em consultório é normalmente feito utilizando concentrações mais altas de peróxido de hidrogénio (Carey, 2014; Maran *et al.*, 2020; Mohammed, 2014) em 1 a 3 consultas de 30-50 min cada (Maran *et al.*, 2020). Consequentemente é necessário proteger os tecidos moles antes da sua aplicação (Carey, 2014). Estas consultas devem ter uma semana de intervalo (Maran *et al.*, 2020; Rodrigues, 2018). Adicionalmente, não são necessárias moldeiras o que torna este tipo de tratamento preferencial para alguns pacientes que preferem não usar as moldeiras todos os dias por semanas. Outra vantagem do branqueamento em consultório é que todo o tratamento é supervisionado pelo médico dentista. No entanto, o branqueamento em consultório tem maior risco de sensibilidade dentária. De modo a combater este efeito secundário vários métodos são citados na literatura, sendo o mais comum o uso de agentes dessensibilizantes tanto aplicados tópicamente como incorporados nos produtos branqueadores (Maran *et al.*, 2020).

A recomendação dos fabricantes para o uso de fontes de luz durante o branqueamento dentário tem aumentado ao longo dos anos. No entanto a sua eficácia foi questionada na literatura. De facto, estudos clínicos apontam que a luz não só não influencia no branqueamento como também pode potenciar a sensibilidade dentária. A reversão da cor depois de um curto espaço de tempo também foi descrita (Bernadon *et al.*, 2010).

Em 2019, Gallinari *et al.* realizaram um estudo *in vitro* que visava analisar as alterações cromáticas do uso isolado da luz LED/violeta comparativamente ao uso combinado de luz e do gel em diferentes concentrações. Embora a luz LED/violeta isoladamente não fosse eficaz, a sua conjugação com os géis em concentrações inferiores a 17.5% produziu resultados favoráveis.

Lago *et al* (2017) num caso clínico em que foi aplicada a luz LED violeta, numa paciente jovem em três sessões de 30 min num intervalo de 7 dias os dentes foram branqueados de um A3 a um A1 (correspondendo a 9 unidades no guia VITA Shade Guide)

Ainda que o agente branqueador possa ser dispensado quando usamos a luz LED violeta, a associação dos dois é espectável que facilite o processo branqueador (Brugnera *et al.*, 2020).

Mondelli *et al* em 2018 num estudo *in vivo* aleatorizado, triplamente cego “*split-mouth*” avaliaram a eficácia, a estabilidade da cor e a sensibilidade o em pacientes submetidos a duas diferentes técnicas de branqueamento em consultório, com e sem a ativação do gel com a luz LED violeta. Concluíram que, embora não tenha havido muita diferença de cor entre os grupos, aqueles que foram tratados com a luz híbrida reportaram menor sensibilidade dentária.

6.1.2- Em ambulatório

Para o branqueamento em ambulatório são fabricadas moldeiras individuais maleáveis onde o paciente aplica o gel (D’Arce, 2013). Nesta técnica recomenda-se o uso do peróxido de carbamida pelo seu maior tempo de atuação. Os tratamentos possíveis para o branqueamento em casa são: 8-10h/dia a 10%; 4-6h/dia a 15%; 2-4h/dia a 20% (Al-Tarakemah & Darvell, 2016) sendo o primeiro o mais recomendado para ser utilizado durante a noite (D’Arce, 2013).

6.1.3- Técnica combinada

A combinação das técnicas em ambulatório e de consultório foi sugerida como um modo de potenciar o branqueamento e melhorar a estabilidade da cor. Muitos profissionais executam uma sessão de branqueamento com peróxido de hidrogénio no consultório complementado com peróxido de carbamida para ser aplicado em casa em moldeiras adaptadas até ser atingida a tonalidade desejada (Bernardon *et al.*, 2010).

Num estudo realizado por Rodrigues *et al* em 2018, verificou-se que esta técnica pode aumentar o risco de sensibilidade dentária por não deixar reduzir o processo inflamatório que ocorre na polpa após a sessão de branqueamento no consultório.

6.2- Branqueamento de dentes não vitais

Para um branqueamento interno, o dente necessita ter um tratamento endodôntico correctamente executado e não apresentar sintomas. A entrada do canal deve ser selada com um material que previna a infiltração de agentes branqueadores no espaço periodontal ou no canal radicular. É também preciso verificar se as restaurações possuem um bom selamento marginal (Ahmed & Abbott, 2012; Zimmerli *et al.*, 2010).

6.2.1- Técnica “*Walking Bleach*”

Nesta técnica, volta-se a abrir o acesso à câmara pulpar e retiram-se cerca de 2 a 3 mm de *gutta-percha* para apical da junção amelo-cimentária. Este procedimento é controlado com a ajuda de uma sonda periodontal. É então aplicado um material na entrada do canal geralmente ionómero de vidro modificado por resina. O gel branqueador é inserido na cavidade de acesso e selado com uma restauração provisória. O tratamento é repetido até se chegar ao resultado pretendido (Ahmed & Abbott, 2012; Mohammed, 2014; Zimmerli *et al.*, 2010). A câmara pulpar deve estar livre de qualquer material de preenchimento de canal. Enquanto investigava diferentes materiais e obturação provisórios Hosoya *et al.*, 2000 encontraram que o *Cavit*TM e o *Cotosol*TM eram melhores que o *Fermit*TM que por sua vez era melhor que os cimentos de óxido de zinco eugenol e de fosfato de zinco (Ahmed & Abbott, 2012; Zimmerli *et al.*, 2010). Após o branqueamento terminado e o agente branqueador retirado da câmara pulpar a restauração deve ser adiada por pelo menos duas semanas de modo a que a adesão não seja afetada por produtos residuais no esmalte e na dentina (Ahmed & Abbott, 2012).

6.2.2- Técnica em consultório

Esta técnica é muito utilizada para dentes vitais mas também pode ser aplicada em dentes não vitais. É, no entanto, pouco previsível. É efetuado o isolamento absoluto e aplicado peróxido de hidrogénio dentro e/ou na superfície do dente. A preparação da cavidade de acesso é realizada da mesma forma que na técnica “*Walking Bleach*”. O produto branqueador é aplicado pelo tempo determinado durante o qual o gel deve ser ativado e depois lavado. O procedimento deve ser repetido, se necessário (Greenwall-Cohen & Greenwall, 2019; Zimmerli *et al.*, 2010).

6.2.3- Técnica interna / externa

Esta técnica é uma combinação dos branqueamentos interno e externo. Existem duas versões desta técnica, uma em que a abertura coronária pode ser deixada aberta, e outra na qual é encerrada com um material de restauração provisório. Na técnica com o encerramento da abertura coronária o agente branqueador é selado na câmara pulpar e utiliza-se simultaneamente uma moldeira individual na qual é aplicado o agente branqueador que ficará em contacto com a superfície externa do dente. Na técnica aberta em que a abertura coronária não é encerrada o paciente deve, em casa, aplicar o agente branqueador com o auxílio de uma seringa no interior da câmara pulpar e na moldeira. Esta técnica permite que o tempo do branqueamento seja reduzido (Greenwall-Cohen & Greenwall, 2019).

7- Legislação

Em Portugal, segundo a Diretiva 2011/84/EU do Conselho da OMD, materiais que contenham peróxido de hidrogénio e ou produtos que se dissociam em peróxido de hidrógénio são considerados produtos cosméticos pela Comissão Europeia. Deste modo estes produtos estão sujeitos a uma regulamentação específica de aplicação. Esta regulamentação dita que produtos que contenham entre 0,1% até 6% de peróxido de hidrogénio podem ser utilizados pelo médico dentista num consultório dentário. A primeira aplicação deve ser feita na clínica, e o tratamento pode ser continuado em ambulatório desde que seja corretamente supervisionado pelo profissional.. Este tratamento é contra-indicado a doentes menores de 18 anos (Diretiva 2011/84/UE do Conselho).

Dada a evidência científica atual relativa ao branqueamento dentário em consultório e com o desenvolvimento tecnológico constante nesta área, são necessários estudos que avaliem a eficácia dos novos aparelhos de luz que vão surgindo no mercado, para aplicação neste contexto.

II - Objetivos

Avaliar *in vitro* a eficácia do branqueamento em consultório com a utilização de um novo Laser de diodo/LED.

III - Hipóteses de estudo

H0: A aplicação de luz híbrida laser de diodo/ LED não influencia o branqueamento dentário.

H1: A aplicação de luz híbrida laser de diodo/ LED influencia o branqueamento dentário

IV- Materiais e Métodos

Este estudo foi realizado com o objetivo de determinar a eficácia do branqueamento em consultório com a utilização de um novo laser de diodo/LED. Para tal, foram selecionados 20 dentes, molares e pré-molares, sem lesões de cáries, recentemente extraídos por motivos periodontais ou ortodônticos, e cedidos pelo Banco de Dentes do Instituto Universitário Egas Moniz (IUEM), tendo sido aprovado pela Comissão de Ética. O estudo foi realizado no Laboratório de Biomateriais do IUEM.

1. Definição dos grupos

20 dentes seccionados no sentido mesio-distal foram distribuídos aleatoriamente por 4 grupos (n=10) consoante o protocolo a utilizar:

Grupo 1 – Gel placebo (controlo);

Grupo 2- Luz híbrida LED/Laser : *Whitening Laser Premium* (DMC Equipamentos);

Grupo 3 – Gel de peróxido de hidrogénio a 6% (*NanoWhite 6%* - DMC Equipamentos);

Grupo 4 - Luz híbrida LED/Laser + Gel de peróxido de hidrogénio 6% (*Whitening laNanoWhite 6%* - DMC Equipamentos)

Nos 4 grupos de estudo foram realizadas 2 sessões de branqueamento com uma semana de intervalo. Após cada sessão de branqueamento, as amostras foram armazenadas em saliva artificial a 37°C. A cor foi medida em 6 tempos:

T0- antes da 1ª sessão de branqueamento

T1- 24h após a 1.ª sessão

T2- antes da 2ª sessão

T3- 24h após a 2.ª sessão

T4- 1 semana após a 2.ª sessão

T5- 1 mês após a 2.ª sessão

2- Preparação dos dentes

Os dentes extraídos foram armazenados numa solução de cloramina trihidratada a 1%, por um período não superior a uma semana. Após este período de desinfecção, foram armazenados em água destilada a 4°C (Norma ISO/TS 11 405: 2015 (E)).

Em seguida, procedeu-se à limpeza da superfície externa dos dentes e à remoção de tecidos orgânicos com a utilização de curetas *Gracey 3/4*.

Os molares hígidos foram fixados a suportes próprios com recurso a cera-cola num micróto mo de tecidos duros Acctom-50 (Struers, Ballerup, Dinamarca), de forma a que cada dente fosse seccionado num corte único na velocidade de 0,125 mm/min em duas metades idênticas, no sentido mesio-distal, proporcionando as faces vestibular e lingual intactas.

Após a realização dos cortes seccionais em duas metades (Figura 7a), os canais e a câmara pulpar ficaram expostos, permitindo desta forma a remoção dos remanescentes biológicos, com o auxílio de uma cureta *Gracey 3/4*. O espaço livre foi preenchido com cola de cianoacrilato (Cola UHU SUPER MINI, Buhl, Alemanha) de forma a ficar selado (Figura 7b).

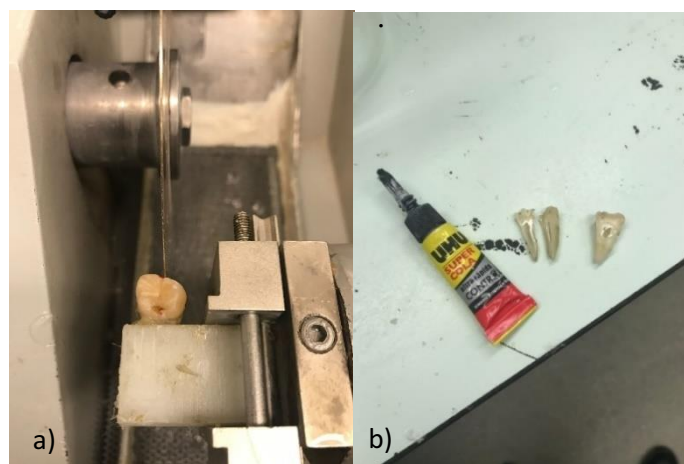


Figura 7- a) cortes seccionais no sentido mesio-distal; b) preenchimento da pulpa com cola de cianoacrilato após a remoção dos remanescentes biológicos

Os espécimes foram guardados numa estufa (Memmert ~~CO~~LINE 400, Memmert, Alemanha) em recipientes com água destilada à temperatura fixa de 37°C, e alocados aleatoriamente a quatro grupos de acordo com o protocolo a aplicar (n=10): Gel placebo(G1); Luz híbrida LED/Laser : *Whitening Laser Premium* (DMC Equipamentos) (G2); Gel de peróxido de hidrogénio a 6% (*NanoWhite 6%* - DMC Equipamentos) (G3); Luz híbrida LED/Laser + Gel de peróxido de hidrogénio 6% (*Whitening Laser Premium* + *NanoWhite 6%* - DMC Equipamentos) (G4), até ao início dos procedimentos.

Seguidamente os espécimes foram fixados e estabilizados através da confecção de chaves de *putty* (Figura 8) com a finalidade de delimitar a área sujeita a ação dos géis branqueadores e da luz e tendo sido efetuada a profilaxia inicial com taça de borracha, pedra pomes e água.



Figura 8- Amostra nº26 já na base estabilizadora após feita a profilaxia inicial

Posteriormente, armazenaram-se os espécimes em saliva artificial, a uma temperatura de 37°, mantendo a separação por grupos e dentro de recipientes colocados numa estufa, com renovação diária da saliva até à finalização do estudo.

No início de cada protocolo, retiraram-se os espécimes de cada grupo da estufa, tendo-se procedido à sua secagem com compressas esterilizadas. Antes da realização do branqueamento dentário e/ou luz (T0), procedeu-se à medição da cor, através do *SpectroShade™ Micro* (MHT Optic Research, Itália), com calibração prévia do aparelho de acordo com as instruções do fabricante. A medição da cor foi efetuada com o sistema CIELab (Figura 9).

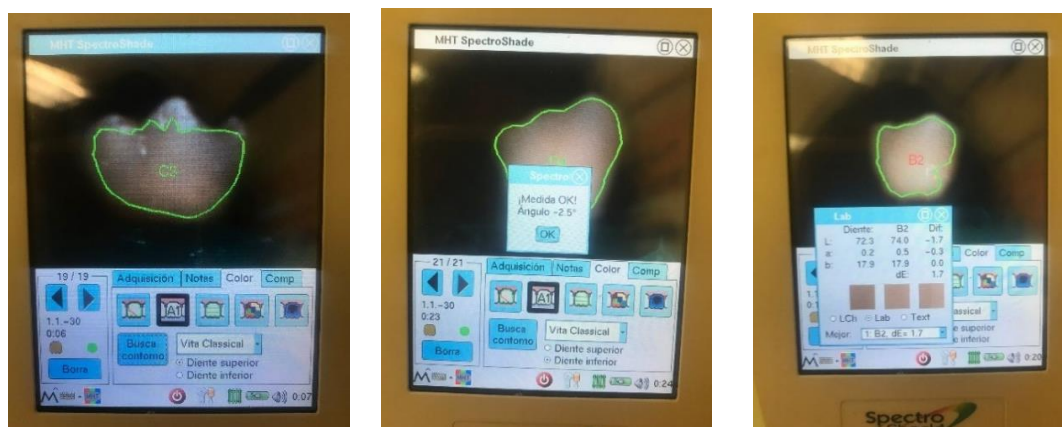


Figura 9- Exemplo da medição da cor com o espectrofotómetro utilizando o sistema “angle control”

Para a correta realização da medição, houve a necessidade de padronizar o posicionamento dos dentes na caixa preta do fabricante, tendo-se usado para esse fim uma base

de silicone. Procurou-se ainda garantir as mesmas condições (intensidade de exposição luminosa, inclinação e meio envolvente) em todas as avaliações (Figura 10).



Figura 10- Espécime posicionada na caixa escura do fabricante

2. Protocolos de Branqueamento

Separados os espécimes pelos 4 grupos em estudo, procedeu-se à realização dos protocolos de branqueamento.

No primeiro dia, correspondente à realização da primeira sessão dos protocolos, começou-se por retirar da estufa todos os espécimes, os quais foram posteriormente secos usando-se compressas esterilizadas. Seguidamente, procedeu-se à determinação e registo da sua cor através do sistema CIELab. Determinaram-se 3 variáveis, nomeadamente L^* , a^* e b^* que correspondem respetivamente aos valores de luminosidade, vermelho-verde e amarelo-azul. Em cada grupo efetuaram-se, no terço médio da face vestibular, três medições consecutivas para cada espécime através do sistema *angle control* do espectrofotómetro. Realizado cada grupo de 3 medições, procedeu-se ao cálculo da média respetiva.

Posteriormente a esta etapa dos protocolos, nos grupos 1, 3 e 4, aplicou-se na face vestibular dos espécimes uma camada de gel com 1 a 2 mm de espessura. No grupo 1 usou-se um gel placebo (Figura 11) e nos grupos 3 e 4 utilizou-se um gel que consistia na mistura da fase 1 (peróxido de hidrogénio) com a fase 2 (espessante). Em todos os casos deixou-se atuar o gel durante 30 min. Findo este período, os grupos 1 e 3 foram colocados na estufa dentro de recipientes fechados com compressas húmidas a 37°C pelo tempo determinado. Após este período, lavaram-se os espécimes com água desionizada durante 20s e procedeu-se à remoção completa do gel com compressas esterilizadas.

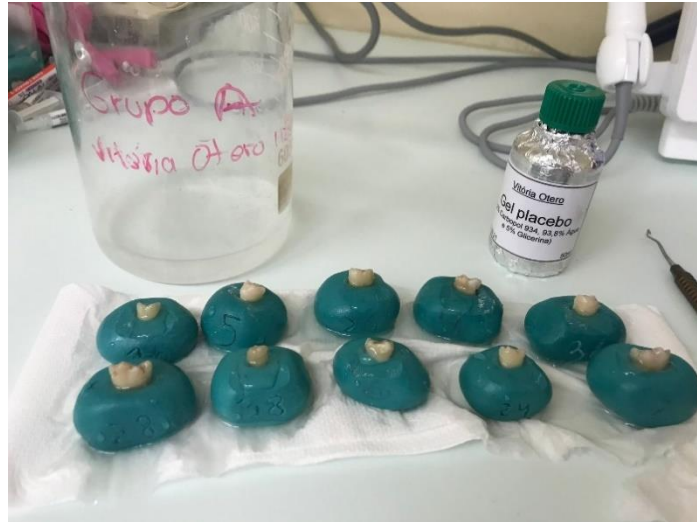


Figura 11- Aplicação do gel placebo no G1

No caso do grupo 2, onde não se recorreu ao uso de gel, e no caso do grupo 4 após a aplicação do gel, expuseram-se os espécimes a 15 ativações de luz híbrida LED/Laser durante intervalos de 1 minuto cada, separados por 1 minuto de descanso, de acordo com as instruções do fabricante (Figura 12). Terminado este processo e à semelhança dos restantes grupos, os espécimes foram lavados com água desionizada durante 20s, tendo-se no caso do grupo 4 removido ainda o gel na totalidade com compressas esterilizadas.



Figura 12- Exposição dos espécimes à luz híbrida em a) G2 e b) G4

Finalmente, todos os espécimes devidamente separados por grupos, foram guardados em recipientes selados na estufa a 37°C, em saliva artificial (Figura 13). A saliva foi renovada diariamente até à conclusão do estudo.



Figura 13- Espécimes separados por grupos selados na estufa

No segundo dia, 24 horas após os procedimentos da primeira sessão, procedeu-se novamente à determinação e registo das cores dos espécimes usando o sistema CIELab (Figura 14).

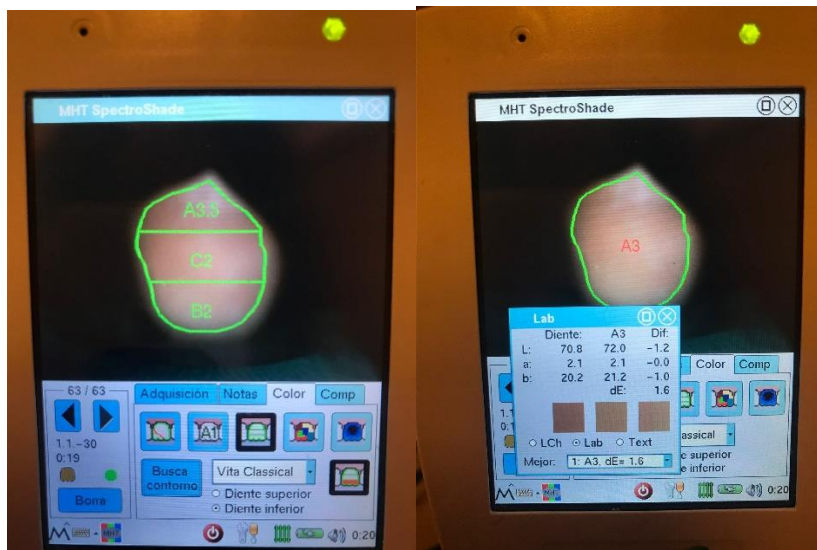


Figura 14- Exemplo de medição feita através do sistema “angle control” do espectrofotómetro

No terceiro dia dos protocolos, 7 dias após o primeiro dia e correspondente à segunda sessão dos protocolos dos 4 grupos, procedeu-se à repetição dos procedimentos da primeira sessão.

No quarto dia (24h após a segunda sessão), no quinto dia (uma semana após a segunda sessão) e finalmente no sexto dia (um mês após a segunda sessão) dos protocolos repetiram-se os procedimentos do segundo dia para todas os espécimes de todos os grupos.

6. Análise Estatística

Os dados obtidos foram analisados com recurso a metodologias de análise estatística descritiva e inferencial, tendo sido utilizado para o efeito o programa *IBM SPSS Statistics* (versão 26.0). A comparação inferencial dos valores médios de ΔE foi efetuada através da utilização do teste ANOVA de medidas repetidas (MR), considerando os fatores tempo e grupo, tendo sido validados os pressupostos da sua aplicação. As comparações *post-hoc* foram efetuadas através do método *pairwise* (comparação entre transições temporais) e por aplicação do teste de *Tukey* (comparação entre grupos).c

Nas análises inferenciais foi estabelecido um nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$).

V- Resultados

1. Caracterização da amostra

Para a realização deste estudo foi necessária uma amostra de 20 dentes hígidos provenientes do Banco de Dentes Humanos da Clínica Dentária Egas Moniz. Após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, os dentes foram seccionados em duas metades, obtendo-se um número final de 40 espécimes (n=40) que em seguida foram distribuídos aleatoriamente por quatro grupos (n=10).

2. Avaliação dos resultados de variação de cor

Para que se pudesse verificar a existência de variações na cor, foi efetuada a análise colorimétrica, tendo sido calculado o valor de ΔE^* , para cada instante de medida, através da fórmula $\Delta E^*=[(\Delta L^*)^2 +(\Delta a^*)^2 +(\Delta b^*)^2]$, onde os valores de L^* , a^* , b^* , foram recolhidos através do SpectroshadeTMMicro (MHT Optic Research, Itália). Posteriormente, de forma a avaliar a variação da cor, em função do tempo, tendo em conta os diferentes instantes definidos (T0 - antes do branqueamento dentário; T1 - 24h após a primeira sessão de branqueamento; T2 - antes da segunda sessão de branqueamento; T3 - 24h após a segunda sessão de branqueamento; T4 - uma semana após a segunda sessão de branqueamento; T5 - um mês após a segunda sessão de branqueamento), consideraram-se as diferenças dos valores de delta E obtidos nas várias transições, $\text{dif.}\Delta E (T_{n+1} - T_n)$.

A $\text{dif.}\Delta E^*(T1-T0)$ corresponde à variação de cor imediatamente antes e 24h após a primeira sessão de branqueamento dentário. Já a diferença $\text{dif.}\Delta E^*(T2-T1)$ corresponde à variação da cor 24h após a primeira sessão de branqueamento e imediatamente antes da segunda sessão de branqueamento. A $\text{dif.}\Delta E^*(T3-T2)$ corresponde à diferença da cor imediatamente antes da segunda sessão de branqueamento e 24h depois da segunda sessão de branqueamento. A $\text{dif.}\Delta E^*(T4-T3)$ corresponde à diferença de cor entre 24h após a segunda sessão de branqueamento e uma semana após a segunda sessão de branqueamento. A $\text{dif.}\Delta E^*(T5-T4)$ corresponde a diferença de cor uma semana após a segunda sessão de branqueamento e um mês após a segunda sessão de branqueamento.

3. Análise estatística dos resultados (variação da cor)

Os valores médios da variação da cor para cada grupo, em diferentes intervalos de tempo encontram-se descritos nas tabelas seguintes.

A Tabela 2 ilustra os dados relativos à variação de cor antes do branqueamento dentário (T0) e 24h após a primeira sessão de branqueamento dentário (T1). Observa-se uma maior tendência de branqueamento no grupo G2 (Luz híbrida Laser de diodo/LED) seguido do G4 (Gel + Luz), G1 (Gel placebo) e G3 (Gel), no entanto, as diferenças observadas não foram identificadas como sendo estatisticamente significativas ($p=0,163$).

Tabela 2- Dados relativos à variação de cor antes do branqueamento dentário (T0) e após a primeira sessão de branqueamento dentário (T1). Representação do valor médio, desvio-padrão, mínimo, máximo, e intervalo de confiança a 95% para o valor médio.

							Intervalo de confiança a 95%	
	Grupo	N	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Limite superior	Limite inferior
dif. ΔE^* (T1-T0)	G1	10	3,08	0,54	1,1	5,8	4,32	1,83
	G2	10	6,18	2,68	0,5	22,6	12,25	0,11
	G3	10	1,76	0,34	0,5	4,3	2,54	0,97
	G4	10	4,45	0,55	1,6	6,5	5,70	3,19
	Total	40						

dif. ΔE^* : diferença de delta E

A Tabela 3 ilustra os dados relativos à variação de cor no período entre as 24h após a primeira sessão de branqueamento (T1) e imediatamente antes da segunda sessão de branqueamento (T2) sessão de branqueamento. Observou-se uma tendência para uma maior variação da cor no G2 (Luz híbrida Laser de diodo/LED), no entanto, as diferenças observadas não foram identificadas como sendo estatisticamente significativas ($p=0,394$).

Tabela 3- Dados relativos à variação de cor entre a primeira (T1) e a segunda (T2) sessão de branqueamento. Representação do valor médio, desvio-padrão, mínimo, máximo, e intervalo de confiança a 95% para o valor médio.

							Intervalo de confiança a 95%	
	Grupo	N	Média	Desvio-Padrão	Mínimo	Máximo	Limite Superior	Limite Inferior
dif.ΔE* (T2-T1)	G1	10	1,63	0.41	0.4	4.3	2.56	0.69
	G2	10	3,42	2.01	0.3	21.5	7.98	-1.14
	G3	10	1,04	0.20	0.5	2.3	1.49	0.58
	G4	10	1,41	0.30	0.2	3.2	2.10	0.71
	Total	40						

dif.ΔE*: diferença de delta E

A Tabela 4 ilustra os dados relativos à variação de cor no período imediatamente antes da segunda sessão branqueamento dentário (T2) e 24h após a segunda sessão de branqueamento dentário (T3). Observou-se uma maior variação da cor no grupo G4 (Gel + Luz) e uma menor variação nos grupos G2 e G3. As diferenças observadas foram identificadas como sendo estatisticamente significativas ($p=0,025$).

Tabela 4- Dados relativos à variação de cor antes da segunda sessão branqueamento dentário (T3) e após a segunda sessão de branqueamento dentário (T2). Representação do valor médio, desvio-padrão, mínimo, máximo, e intervalo de confiança a 95% para o valor médio.

							Intervalo de confiança a 95%	
	Grupo	N	Média	Desvio-Padrão	Mínimo	Máximo	Limite Superior	Limite Inferior
dif.ΔE* (T3-T2)	G1	10	1,65	0,46	0,1	5,1	2.70	0.59
	G2	10	1,05	0,21	0,4	2,3	1.53	0.57
	G3	10	1,08	0,16	0,4	2,3	1.45	0.70
	G4	10	2,18	0,19			2.19	1.62
	Total	40						

dif.ΔE*: diferença de delta E

A Tabela 5 ilustra os dados relativos à variação de cor no período entre as 24h após a segunda sessão de branqueamento dentário (T3) e uma semana após a segunda sessão de branqueamento dentário (T4). Observou-se uma tendência para uma menor variação da cor no

G2 (Luz), no entanto, as diferenças observadas não foram identificadas como sendo estatisticamente significativas ($p=0,170$).

Tabela 5- Dados relativos à variação de cor um dia após a segunda sessão de branqueamento (T3) uma semana após a segunda sessão de branqueamento (T4). Representação do valor médio, desvio-padrão, mínimo, máximo, e intervalo de confiança a 95% para o valor médio.

							Intervalo de confiança de 95%	
	Grupo	N	Média	Desvio-Padrão	Mínimo	Máximo	Limite Superior	Limite Inferior
dif.ΔE* (T4-T3)	G1	10	1.48	0.63	0.3	4.0	2.30	0,65
	G2	10	0.75	0.13	0.2	1.7	1.06	0.43
	G3	10	1.14	0.16	0.6	2.3	1.52	0.75
	G4	10	1.25	0.17	0.3	1.7	1.64	0.85
	Total	40						

dif.ΔE*: diferença de delta E

A Tabela 6 ilustra os dados relativos à variação de cor no período entre uma semana após a segunda sessão de branqueamento dentário (T4) e um mês após a segunda sessão de branqueamento dentário (T5). Observou-se uma menor variação da cor no grupo G4 (Gel + Luz) e uma maior variação da cor no grupo G1 (controle). As diferenças observadas foram identificadas como sendo estatisticamente significativas ($p=0,034$).

Tabela 6- Dados relativos à variação de cor uma semana após a segunda sessão de branqueamento (T4) e um mês após a segunda sessão de branqueamento (T5). Representação do valor médio, desvio-padrão, mínimo, máximo, e intervalo de confiança a 95% para o valor médio.

							Intervalo de confiança de 95%	
	Grupo	N	Média	Desvio-Padrão	Mínimo	Máximo	Limite Superior	Limite Inferior
dif.ΔE* (T5-T4)	G1	10	2.09	0.51	0.6	6.0	3.25	0.92
	G2	10	1.18	0.13	0.7	2.0	1.48	0.87
	G3	10	1.19	0.20	0.6	2.7	1.66	0.71
	G4	10	0.86	0.18	0.3	2.0	1.27	0.44
	Total	40						

dif.ΔE*: diferença de delta E

Na Tabela 7 apresentam-se os resultados da avaliação através da ANOVA de medidas repetidas. Podemos assim observar que o tempo teve influência significativa nos resultados de variação de cor ($p < 0,001$), contudo, não foi verificada uma interação significativa entre o fator tempo e o fator grupo ($p = 0,099$).

Ainda de acordo com os resultados obtidos, podemos inferir que a variação de cor ocorreu na transição entre T1 e T2 ($p = 0,002$), não havendo variações significativas nas transições subsequentes. O efeito observado no delta E neste período inicial foi maioritariamente governado pelo comportamento do parâmetro a.

Tabela 7- Resultados da ANOVA de medidas repetidas, identificando-se a avaliação dos fatores considerados (tempo e grupo) assim como a sua interação (tempo*grupo)

Fator	<i>p</i>
Tempo	< 0,001
Tempo*Grupo	0,099

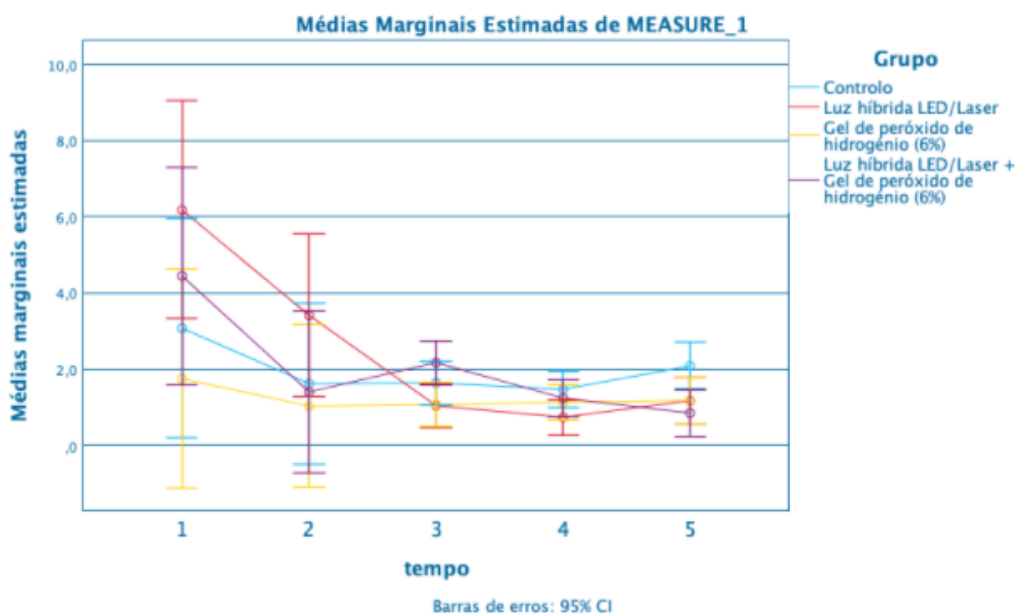


Figura 15- Gráficos das médias marginais estimadas

VI - Discussão

A legislação europeia apenas permite géis com uma concentração máxima de 6% de peróxido de hidrogénio. Assim sendo, as indústrias de materiais dentários buscam compensar essa limitação de concentração através do desenvolvimento de materiais com baixa viscosidade, baixa tensão superficial, adequada fluidez, solubilidade, capacidade de penetração e adição de elementos químicos que tornem os géis mais reativos nos protocolos e procedimentos de branqueamento efetuados no consultório dentário sob a supervisão de um médico dentista. Mais ainda, géis com pH mais alcalino aumentam a eficiência no branqueamento. Nesse contexto, o gel *Nano White 6%* apresenta um pH de 9,72 podendo ser utilizado seguindo as recomendações das agências reguladoras europeias, uma vez que a sua concentração está dentro dos parâmetros aceitáveis (Pignoly *et al.*, 2012).

O gel *Nano White 6%* é um gel recomendado com a utilização associada de uma luz. É possível que este produto necessite da ativação por luz, dado que, pela sua elevada viscosidade, o seu movimento molecular assim como a difusão e interação dos radicais livres com o substrato estejam mais restringidos, diminuindo a sua permeabilidade. (Gandolf & Galleguillos, 2014; Bowman *et al.*, 2013).

Neste trabalho testámos a eficácia de uma luz específica na otimização do branqueamento dentário. A relevância da ação da luz no branqueamento dentário não é um tema consensual na comunidade científica. (Bernadon *et al.*, 2010; Lago *et al.*, 2017). De acordo com alguns autores (Bernadon *et al.*, 2010; Maran *et al.*, 2018), a luz não tem influência na ativação dos géis disponíveis no mercado.

As químicas orgânica e inorgânica ensinam-nos que para se aumentar a velocidade das reações químicas, podemos utilizar “catalisadores”, elementos que atuam diretamente na velocidade da reação química. Os mais comuns, utilizados na indústria e medicina são o calor e a luz. Na Medicina Dentária, evita-se o uso de calor. Como é difícil de se mensurar clinicamente o nível de calor aplicado nos dentes, facilmente podemos, mesmo em procedimentos conservadores, elevar a temperatura do tecido pulpar e levá-lo à necrose (Buchalla & Attin, 2006; Karaarslan *et al.*, 2019).

A luz, no entanto, pode atuar de diferentes maneiras. Desde o aumento natural da temperatura, uma vez que luz é energia, à ablação, que dependendo do comprimento de onda, atua na destruição de pigmentos de diversos matizes. Neste último modo, verificamos uma

limitação significativa, uma vez que a intensidade do feixe luminoso diminui com o obstáculo físico da estrutura dentinária, que filtra uma boa parte dos feixes de luz natural, laser ou lasers de baixa intensidade e comprimento de onda específico denominados de LED (D'Arce *et al.*, 2013; Francci *et al.*, 2010; Karaarslan *et al.*, 2019; Xu *et al.*, 2011)

A heterogeneidade dos compostos orgânicos que causam alterações da cor dos dentes pode ter uma influência na eficácia do branqueamento. Como tal, salienta-se a importância de um correto diagnóstico quanto à etiologia da pigmentação dentária para garantir uma opção de tratamento eficaz e segura.

Em todo o trabalho efetuado foram criados modelos experimentais que mimetizam a realidade clínica. Foram utilizados dentes de humanos, apesar da literatura apresentar um número significativo de trabalhos nesta área que utilizam dentes de bovinos ou suínos (Daltro *et al.*, 2020; Gallinari *et al.*, 2019; Oliveira *et al.*, 2017). Apesar de uma padronização mais fácil, devemos considerar que a dentina desses animais apresenta diferenças importantes quando comparada à dentina humana, não só na distribuição da sua estrutura cristalina, como também na variação do diâmetro dos túbulos dentinários, extensão e permeabilidade (Yassen *et al.*, 2011).

O agente branqueador selecionado para este estudo obedece à legislação europeia. A luz/laser foi o fator principal a avaliar.

Ao avaliar os dados relativos à variação de cor antes do branqueamento dentário (T0) e 24h após a primeira sessão de branqueamento dentário (T1), observou-se uma maior tendência de branqueamento no grupo G2 (Luz híbrida Laser de diodo/LED) seguido do G4 (Gel + Luz), G1 (Gel placebo) e G3 (Gel branqueador). Mesmo que sem uma diferença estatisticamente significativa face aos outros grupos de estudo ($p=0,163$), o comprimento de onda da luz aplicada terá de alguma forma interagido com o substrato dentário. Esse efeito foi mais evidente do que o do gel com agente branqueador. A mesma tendência para uma maior variação da cor no G2 (Luz híbrida Laser de diodo/LED) foi observada no período entre as 24h após a primeira sessão de branqueamento (T1) e imediatamente antes da segunda sessão de branqueamento (T2), novamente sem diferenças estatisticamente significativas ($p=0,394$). A literatura refere que alguns comprimentos de onda, com luzes LED e até mesmo lasers são eficazes na alteração de cor dos dentes, sem a necessidade de agentes branqueadores, ainda que esses resultados não tenham sido tão evidentes a longo prazo (Lago *et al.* 2017; Mondelli *et al.*, 2018). A tendência para um menor valor na diferença de delta E no G3 (gel) entre os primeiros

intervalos de tempo (T1-T0 e T2-T1), pode ter sido devida ao facto deste gel ter sido desenvolvido para ser utilizado associado a luz. Apesar do seu pH alcalino que aumentaria a sua reatividade, possui uma elevada viscosidade e uma baixa concentração, o que pode ter feito com que o seu tempo de atuação não tenha sido apropriado para obter os resultados desejados (D'Arce *et al.*, 2013; Rodrigues *et al.*, 2017).

Por outro lado, após uma ação inicial da luz, ao quebrar as moléculas de pigmento que são fotorreceptoras graças ao seu comprimento de onda, a sua ação branqueadora perde eficácia (Brugnera *et al.*, 2020; Daltro *et al.*, 2020; Kury *et al.*, 2020; Panhoca *et al.*, 2017) e com o efeito acumulado do gel e maior desprendimento dos iões responsáveis pelo branqueamento, a associação luz/LED mais gel (G4) apresentou uma diferença estatisticamente significativa ($p=0,025$) face aos outros grupos, entre T3 e T2, (Ahmed & Abbott, 2012).

A análise dos resultados leva à aceitação da hipótese nula, dado que a luz híbrida laser de diodo/ LED isoladamente ou associada ao gel branqueador não apresentou de um modo global um comportamento diferente dos restantes grupos nas transições associadas ao ator tempo. Alguns autores corroboram estes resultados (Brugnera *et al.*, 2020; Daltro *et al.*, 2020).

VII - Conclusões

O tempo teve influência significativa nos resultados de variação de cor.

A variação de cor ocorreu na transição entre T1 e T2.

Não foi verificada uma interação significativa entre o fator tempo e o fator grupo.

A luz híbrida laser de diodo/ LED isoladamente ou associada ao gel branqueador não apresentou de um modo global um comportamento diferente dos restantes grupos nas transições associadas ao ator tempo.

São necessários mais estudos, preferencialmente estudos clínicos aleatorizados para avaliação da eficácia desta tecnologia.

VIII - Bibliografia

- Ahmed, H. M. A., & Abbott, P. V. (2012). Discolouration potential of endodontic procedures and materials: A review. *International Endodontic Journal*, 45(10), 883–897. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2012.02071.x>
- Baharvand, M., Mortazavi, H., & Khodadoust, A. (2014). Colors in tooth discoloration: A new classification and literature review. *International Journal of Clinical Dentistry*, 7(1), 17-28
- Bernardon, J. K., Sartori, N., Ballarin, A., Perdigão, J., Lopes, G., & Baratieri, L. N. (2010). Clinical Performance of Vital Bleaching Techniques. *Operative Dentistry*, 35(1), 3–10. <https://doi.org/10.2341/09-008CR>
- Bonilla, V., Mantín, J., Jiménez A, Llamas R. (2007) Alteraciones del Color de los Dientes. Sevilla: Revista Europea de Odontoestomatología. <http://www.redoe.com/ver.php?id=513>.
- Bowman, B. J., Ofter, C. M., Schott, H., Perrie, Y. (2013) *Essentials of pharmaceuticals*. London: Pharmaceutical Press; p.783. ISBN nº0-683-3064
- Carey, C. M. (2014). Tooth Whitening: What We Know, 14 (Supplement 1), 70-76. <https://doi.org/10.1016/j.jebdp.2014.02.006>.
- Correia, A., Oliveira, M., & Silva, M. (2005). Conceitos de Estratificação nas Restaurações de Dentes Anteriores com Resinas Compostas. *Revista Portuguesa de Estomatologia e Cirurgia Maxilo-Facial*, 46, 171–178. http://www.spemd.pt/rev/rev_pdf/46_3/artigo5.pdf
- Chun, K. J., Choi, H. H., & Lee, J. Y. (2014). Comparison of mechanical property and role between enamel and dentin in the human teeth. *Journal of Dental Biomechanics*, 5, Chun, K., Choi, H., & Lee, J. (2014). Comparison of mechanical property and role between enamel and dentin in the human teeth. *Journal of Dental Biomechanics*, 5, 1758736014520809. <https://doi.org/10.1177/1758736014520809>
- Daltro, T. W. S., Gomes de Almeida, S. A., Dias, M. F., Lins-Filho, P. C., da Silva, C. H. V., & Guimarães, R. P. (2020). The influence of violet LED light on tooth bleaching

- protocols: In vitro study of bleaching effectiveness. Photodiagnosis and Photodynamic Therapy, 32, 102052. <https://doi.org/10.1016/j.pdpdt.2020.102052>
- D'Arce, M. B. F., Lima, D. A. N. L., Aguiar, F. H. B., Bertoldo, C. E. dos S., Ambrosano, G. M. B., & Lovadino, J. R. (2013). Effectiveness of dental bleaching in depth after using different bleaching agents. Journal of Clinical and Experimental Dentistry, 5(2), 100–107. <https://doi.org/10.4317/jced.51063>
- de Carvalho, A. C. G., de Souza, T. F., Liporoni, P. C. S., Pizi, E. C. G., Matuda, L. S. de A., & Catelan, A. (2020). Effect of bleaching agents on hardness, surface roughness and color parameters of dental enamel. Journal of Clinical and Experimental Dentistry, 12(7), e670–e675. <https://doi.org/10.4317/JCED.56913>.
- Diretiva 2011/84/UE do Conselho
- Estay, J., Angel, P., Bersezio, C., Tonetto, M., Jorquera, G., Peña, M., & Fernández, E. (2020). The change of teeth color, whiteness variations and its psychosocial and self-perception effects when using low vs. high concentration bleaching gels: A one-year follow-up. BMC Oral Health, 20(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/s12903-020-01244-x>
- Fondriest, J. (2012). The Optical Characteristics of Natural Teeth. Inside Dentistry, 8(11), 1-5.
- Gallinari, M. D. O., & Fagundes, T. C. (2019). A New Approach for Dental Bleaching Using Violet Light With or Without the Use of Whitening Gel: Study of Bleaching Effectiveness. 44(5), 521-526. <https://doi.org/10.2341/17-257-L>
- Gallinari, M. de O., Cintra, L. T. A., Barboza, A. C. S., da Silva, L. M. A. V., de Alcantara, S., dos Santos, P. H., Fagundes, T. C., & Briso, A. L. F. (2020). Evaluation of the color change and tooth sensitivity in treatments that associate violet LED with carbamide peroxide 10 %: A randomized clinical trial of a split-mouth design. Photodiagnosis and Photodynamic Therapy, 30(June), 101679. <https://doi.org/10.1016/j.pdpdt.2020.101679>.
- Gandolf L, Galleguillos R. (2014) Rheology modifiers and consumer perception. In Meyer RR. Harry's Cosmet. 9th ed. Mount holly: Chemical Publishing; p.766-806. ISBN n°978-082061762

- Greenwall-Cohen, J., & Greenwall, L. H. (2019). The single discoloured tooth: vital and non-vital bleaching techniques. *British Dental Journal*, 226(11), 839–849. <https://doi.org/10.1038/s41415-019-0373-9>
- Good ML, Hussey DL. Minocycline: stain devil? *British Journal of Dermatology* 2003; 149:237-239
- Hattab, F. N., Qudeimat, M. A., & Al-Rimawi, H. S. (1999). Dental discoloration: An overview. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 11(6), 291–310. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8240.1999.tb00413.x>
- Hosoya, N., Cox, C. F., & Arai, T. (2000). The Walking Bleach Procedure: An In Vitro Study to Measure Microleakage of Five Temporary, 26(12), 716-718.
- Jayasrikrupaa, R., William, L., Aravindha Babu, N., & Masthan, K. M. K. (2020). Basics of tooth staining – Diagnosis & management. *European Journal of Molecular and Clinical Medicine*, 7(3), 1781–1785.
- Joiner, A. (2004). Tooth colour: A review of the literature. *Journal of Dentistry*, 32(SUPPL.), 3–12. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2003.10.013>.
- Joiner, A., & Luo, W. (2017). Tooth colour and whiteness: A review, 67(JUNE), S3-S10 <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2017.09.006>.
- Kury, M., de Almeida Resende, B., Pacheco da Silva, D., Eiko Wada, E., de Moura Antonialli, F., Giannini, M., & Cavalli, V. (2019). Clinical Application of Violet LED In-office Bleaching with or without Traditional Systems: Case Series. *Oral Health and Dental Studies*, 2(1), 1–11. <https://doi.org/10.31532/oralhealthdentstud.2.1.001>
- Lacruz, R. S., Habelitz, S., Wright, J. T., & Paine, M. L. (2017). Dental Enamel Formation and Implications for Oral Health and Disease. *Physiological Reviews*, 97(3), 939– 993. <https://doi.org/10.1152/physrev.00030.2016>
- Lago ADN, Ferreira WDR, Furtado GS. (2017) Dental bleaching with the use of violet light only: reality or future? *Photo- diagnosis Photodyn Ther* , 17, 124–126.

Manuel, S. T., Abhishek, P., & Kundabala, M. (2010). Etiology of tooth discoloration-a review. *Etiology of tooth discoloration-a review*, 18(2), 56-63.

Manual do usuário Spectroshade™ Micro

Manual do usuário Gel Nano White 6%

Maran, B. M., Burey, A., de Paris Matos, T., Loguercio, A. D., & Reis, A. (2018). In-office dental bleaching with light vs. without light: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Dentistry*, 70(November), 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2017.11.007>

Mohammed Q, A. (2014). Tooth-bleaching procedures and their controversial effects: A literature review. *The Saudi Dental Journal*, 26(2), 33–46. <https://doi.org/10.1016/J.SDENTJ.2014.02.002>

Mondelli, R. (2010). Clareamento em consultório: você prefere indicar com ou sem fonte de luz ? *Revista Dental Press Estética*, 7(4), 20–26..

Mondelli, R. F. L., Rizzante, F. A. P., Rosa, E. R., Borges, A. F. S., Furuse, A. Y., & Bombonatti, J. F. S. (2018). Effectiveness of LED/Laser irradiation on in-office dental bleaching after three years. *Operative Dentistry*, 43(1), 31–37. <https://doi.org/10.2341/16-208-C>

Nanci, A. (2018). *Ten Cate's Oral Histology: Development, Structure, and Function*. 8a edição, (pp. 122-164). Elsevier Mosby.

Oliveira, B. P. De, Bagnato, V. S., & Light, V. (2017). Short Communication SEM Analysis of a Peroxide Gel Whitening Protocol Associated to Light on Bovine Teeth. *JSM Oro Facial Surgeries*, 2(1), 1008.

Panhoca, Rastelli, A., Zanin, F., Bagnato, V., & Brugnera Jr, A. (2017). Clareamento dental: nova perspectiva para a Odontologia. *Revista da Associação Paulista de Cirurgiões Dentistas*, 71(1), 95-101.

Patel K, Cheshire D, Vance A. (1998) Oral and systemic effects of prolonged minocycline therapy. *British Dental Journal*, 185, 560-562.

- Perdigão, J. (2016) Tooth Whitening: An Evidence-Based Perspective. 1a edição, (pp. 3- 72, 101-163). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-38849-6>
- Pérez, S.A., Gómez, S.E., Gómez, A.E., (2002). Blanqueamiento de dientes con decoloraciones severas. Universidad de Barcelona, 6, 4-10.
- Pignoly C. Camps, Susini G, About I, Camps J. (2012). Influence of in-office whitening gel pH on hydrogen peroxide diffusion through enamel. American Journal of Dentistry, 25, 91–96.
- Portolani Junior, M. V., & Candido, M. S. M. (2005). Efeito dos agentes clareadores sobre as estruturas dentais. Revista de Odontologia Da UNESP, 34(2), 91–94.
- Rastelli, A. N. de S., Dias, H. B., Carrera, E. T., de Barros, A. C. P., dos Santos, D. D. L., Panhóca, V. H., & Bagnato, V. S. (2018). Violet LED with low concentration carbamide peroxide for dental bleaching: A case report. Photodiagnosis and Photodynamic Therapy, 23(February), 270–272. <https://doi.org/10.1016/j.pdpdt.2018.06.021>
- Rauber, G. B., Taguchi, C. M. C., Padilha, A. C. L., De Re Silveira, R. C., Bernardon, J. K., & Baratieri, L. N. (2019). Color repair of a composite resin restoration. Operative Dentistry, 44(1), 1–7. <https://doi.org/10.2341/17-079-T>
- Rodrigues, J. L., Rocha, P. S., Pardim, S. L. de S., Machado, A. C. V., Faria-e-Silva, A. L., & Seraidarian, P. I. (2018). Association between in-office and at-home tooth bleaching: A single blind randomized clinical trial. Brazilian Dental Journal, 29(2), 133–139. <https://doi.org/10.1590/0103-6440201801726>
- Rodrigues, F. T., Serro, A. P., Polido, M., Ramalho, A., & Figueiredo-Pina, C. G. (2017). Effect of bleaching teeth with hydrogen peroxide on the morphology, hydrophilicity, and mechanical and tribological properties of the enamel. Wear, 374–375, 21–28. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2016.11.001>
- Sa, Y., Wang, S. Z., Ma, X., Liang, S., Xing, W., Jiang, T., Wang, Y., Sa, Y., Sun, L., Wang, Z., Ma, X., Liang, S., Xing, W., Jiang, T., & Wang, Y. (2021). Effects of Two In-Office Bleaching Agents with Different pH on the Structure of Human Enamel: An In Situ and In Vitro Study. Operative Dentistry, 38(1), 100-110. <https://doi.org/10.2341/11-173-L>

- Silva Milagros de la Caridad C, Laurencio Rodríguez J, Peña Sisto M. (2015) Enfermedades causadas por fármacos en la cavidad bucal. MEDISAN,19(11), 1386-1398.
- Sproull, R. C. (1973). Color matching in dentistry. Part I. The three-dimensional nature of color. Journal of Prosthetic Dentistry, 86(5), 453–457.
<https://doi.org/10.1067/mpr.2001.119827>
- Stosic, N., Popovic, J., Gasic, J., Mitic, A., Nikolic, M., Barac, R., & Dacic, S. (2019). Examination of Tooth Shade. 54(05), 41–48.
- Sulieman, M., Addy, M., MacDonald, E., & Rees, J. S. (2004). The effect of hydrogen peroxide concentration on the outcome of tooth whitening: An in vitro study. Journal of Dentistry, 32(4), 295–299. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2004.01.003>
- Soares, D. G., Gonçalves Basso, F., Hebling, J., & Alberto De Souza Costa, C. (2013). Concentrations of and application protocols for hydrogen peroxide bleaching gels: Effects on pulp cell viability and whitening efficacy, 42(2), 185-198, <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2013.10.021>
- Shammas, M., & Alla, R. K. (2011). Color and shade matching in operative dentistry. 200-218.
- Thomas, M., & Denny, C. (2014). Medication-Related Tooth Discoloration : A Review. Dental Update, 41(5). <https://doi.org/10.12968/denu.2014.41.5.440>
- Xu, B., Li, Q., Wang, Y., & Wang, Y. (2011). Effects of pH Values of Hydrogen Peroxide Bleaching Agents on Enamel Surface Properties. Operative Dentistry, 36(5), 554–562. <https://doi.org/10.2341/11-045-1>
- Yassen, G. H., Platt, J. A., & Hara, A. T. (2011). Bovine teeth as substitute for human teeth in dental research: a review of literature. Journal of Oral Science, 53(3), 273–282.
<https://doi.org/10.2334/josnusd.53.273>
- Zimmerli, B., Jeger, F., & Lussi, A. (2010). Bleaching of nonvital teeth. A clinically relevant literature review. Schweizer Monatsschrift Für Zahnmedizin = Revue Mensuelle Suisse d’odonto-Stomatologie = Rivista Mensile Svizzera Di Odontologia e Stomatologia / SSO, 120(4), 306–320.

