



Avaliação dos efeitos de diferentes fontes de luz sobre o processo de clareamento dental

Thainá Fernanda Castro de Lima*
(thaina.lima@ufabc.edu.br)

Orientadora: Patricia Aparecida da Ana*
(patricia.ana@ufabc.edu.br)

* CECS - Centro de Engenharias, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas

Trabalho submetido para aprovação na disciplina de
Trabalho de Graduação III
ministrada na Universidade Federal do ABC

Santo André, Julho de 2015

Ficha Catalográfica

Lima, Thainá

Avaliação dos efeitos de diferentes fontes de luz sobre o processo de clareamento dental. Santo André, 2015.

1. Clareamento dental 2. LED verde 3.LED Azul 4. Peróxido de Hidrogênio 5. Cor

Trabalho de Graduação - Universidade Federal do ABC. Centro de Engenharia e Ciências Sociais.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Patricia Aparecida da Ana

Agradecimentos

Primeiramente a todas energias boas e positivas que foram transmitidas a mim por aqueles que de alguma forma se importavam comigo e com essa fase tão singular da vida, a graduação.

Ao meu pai, que com certeza é a pessoa mais incetivadora e indispensável em toda minha jornada, a quem devo o maior agradecimento e tem por direito o maior merecimento de uma dedicatória. Aquele que estava lá para todos os choros e angústias, broncas, elogios e o mais importante de tudo, acreditar em mim e em todos os meus sonhos, mesmo quando ninguém e nem eu mesma conseguia acreditar.

A minha mãe, que é a inspiração de uma mulher de sucesso, a quem tento me espelhar todos os dias, como uma profissional e guerreira, tudo isso sem perder a ternura e o amor.

Ao meu grande amor, que é um dos maiores tesouros que a UFABC me deu. Que está sempre ao meu lado, para me lembrar do que sou capaz, fazendo que cada dia seja único.

À toda família Infanteria – Bateria UFABC, que me deu um instrumento para honrar, um brasão para defender e amigos para levar para o resto da vida. Obrigada por fazer minha passagem pela universidade muito mais alegre, com muito mais disciplina e humildade.

À professora Patrícia que acreditou em mim em cada momento, sempre estando lá para me ouvir, apoiar, ajudar e assim, conseguir finalizar mais essa etapa.

Aos amigos Eduardo Amaro, Paloma Silva, Luana Antunes, Amanda Jurask, Professor Emery Linsi e João Puglia, que com pequenas ações puderam tornar esse trabalho realidade. Sem esquecer é claro da grande e especial amiga, Amanda Moraes que esteve ao meu lado o tempo todo, corrigindo, lendo, editando, correndo e curtindo comigo cada momento do desenvolvimento desse trabalho.

À todos, o meu muito obrigado. Nada disso seria possível sem a existência de cada um de vocês

*“Quem não se resolve a cultivar o hábito de
pensar, perde-se o maior prazer da vida”.*

Thomas Edson

Sumário

1	Resumo.....	7
2	Introdução.....	9
3	Objetivos.....	11
4	Revisão Bibliográfica.....	12
4.1	Anatomia Dental.....	12
4.1.1	Esmalte.....	13
4.1.2	Dentina.....	14
4.1.3	Polpa.....	15
4.1.4	Cemento.....	16
4.2	A cor do Dente.....	16
4.3	Clareamento dental.....	18
4.3.1	Mecanismos de ação dos clareadores.....	19
4.4	Efeitos adversos provenientes do clareamento dental.....	20
4.4.1	Efeitos sobre os tecidos adjacentes.....	21
4.5	O LED.....	21
4.6	Mecanismos de Funcionamento do LED.....	22
4.6.1	Interação da luz LED com a Matéria Biológica.....	25
4.7	Avaliação da Cor com CIELab.....	30
5	Metodologia.....	31
5.1	Delineamento experimental.....	31
5.2	Construção do irradiador de LED Verde.....	32
5.3	Caracterização das Fontes de Luz e Gel Clareador.....	34
5.4	Preparação de amostras de esmalte.....	34
5.5	Tratamentos.....	36
5.6	Análise da Cor.....	39
5.7	Análise Estatística.....	40
6	Resultados e Discussão.....	41
6.1	Caracterização das Fontes de Luz.....	41

6.2	Caracterização do Gel Clareador	45
6.3	Análise da alteração de cor pós clareamento.....	46
7	Conclusão.....	50
8	Referências Bibliográficas.....	51
9	Anexo 1	55

1 Resumo

O clareamento dental tem sido cada vez mais difundido, por ser um procedimento estético e pela mensagem que dentes brancos e alinhados passam. Porém, como toda e qualquer intervenção, o procedimento apresenta riscos, dentre os quais se destaca a hipersensibilidade dentinária, por conta da utilização de peróxido de hidrogênio e do tempo de exposição dos tecidos a esse composto. Para que a duração do tempo de exposição do composto seja diminuída, podem ser utilizadas fontes de luz para a aceleração da ativação do composto. Esse trabalho objetivou desenvolver um dispositivo emissor no verde para irradiação de um gel clareador à base de peróxido de hidrogênio e espessante vermelho, assim como avaliar o efeito da ativação do gel clareador, por duas fontes de luz de comprimentos de onda distintos, na mudança de cor obtida após clareamento. Para tal, em um primeiro momento, foi construído um irradiador empregando-se LED verde para irradiação do gel clareador. Em um segundo momento, foram utilizados 30 dentes incisivos inferiores bovinos, os quais foram submetidos a um processo de escurecimento extrínseco por 7 dias e, então, submetidos ao processo de clareamento *in office* utilizando um gel a base de peróxido de hidrogênio 35% com espessante vermelho e fontes de luz distintas: grupo 1- sem irradiação; grupo 2- irradiação com um LED azul ($\lambda = 400$ a 470 nm); grupo 3: irradiação com um LED verde ($\lambda = 470$ a 550 nm). Foram realizadas as medidas de cor de cada amostra antes do escurecimento, após o escurecimento e após o processo de clareamento, sendo obtidos os valores de ΔE . Após análise estatística (ANOVA + Tukey, $\alpha = 5\%$), observou-se que a irradiação do gel com LEDs não alterou os valores de ΔE em relação ao grupo não irradiado; contudo, a alteração de cor obtida após o processo de clareamento foi considerada aceitável apenas nos grupos irradiados. Concluiu-se que é possível construir um dispositivo de baixo custo para irradiação do gel clareador e que, embora a alteração de cor obtida nos grupos irradiados não tenha sido diferente da obtida para o grupo não irradiado, a irradiação do gel clareador com luz absorvida pelo espessante proporciona o retorno da cor do dente de forma próxima à cor original.

Palavras-chave: clareamento dental, LED verde, LED azul, peróxido de hidrogênio, cor

2 Introdução

Cada dia mais cresce o número de pacientes em procura do sorriso perfeito, já que este é considerado uma parte essencial para boa comunicação interpessoal, ao induzir a impressão de boa saúde, competência profissional, simpatia, honestidade e, claro, beleza. Essa grande valorização da estética dos dentes, sendo ela em relação à forma, posicionamento ou cor, leva o profissional da odontologia a ser o protagonista desses ajustes e melhorias [1].

A cor do dente é determinada por uma combinação de efeitos intrínsecos e extrínsecos, onde os efeitos externos fazem uma película que recobre o esmalte do dente, manchando-o. Devido ao fato dessas manchas serem provenientes de agentes externos, tais como alimentos e bebidas, as mesmas podem ser removidas por conta de ação abrasiva [2]. Um dos tratamentos mais procurados está o clareamento dental, que é o menos destrutivo tratamento disponível e que chega ao resultado esperado mais rapidamente. Esse procedimento pode ter diferentes denominações levando-se em consideração a forma de sua realização, sendo classificados como técnica de consultório (clareamento *in office*, efetuada por um cirurgião-dentista) ou técnica doméstica (onde o próprio paciente aplica o produto clareador em casa, sob supervisão de um cirurgião-dentista). Tanto uma quanto outra técnica está baseada em agentes que oxidam o esmalte, sendo eles geralmente peróxidos de hidrogênio ou peróxido de carbamida, ou até mesmo uma mistura deles [3][4].

O clareamento é um procedimento simples e de baixo custo; porém, apresenta o inconveniente que o cirurgião dentista não pode garantir o alcance da cor desejada pelo paciente. Por conta disso, o cirurgião-dentista deve alertar o paciente sobre um possível descontentamento sobre o procedimento. Para que esse tratamento seja realmente um sucesso, é de suma importância que o profissional evidencie o motivo do processo de escurecimento dos dentes, ou seja, diagnostique o fator da alteração cromática, além, é claro, de possuir plenos conhecimentos sobre as técnicas de clareamento, seus efeitos sobre a estrutura e tecidos dentais [4].

É observado que alguns pacientes reclamam de grande sensibilidade à dor após o procedimento, enquanto outros simplesmente não sentem nenhum desconforto relevante. Não se sabe ao certo o motivo de tal diferença entre os dois grupos de pessoas, por que não existem dados conclusivos sobre o assunto, mas acredita-se que esse fato deve-se a defeitos estruturais dos tecidos dentários e/ou à predisposição do paciente [1]. Existem diferentes tipos de compostos sendo incorporados às formulações dos agentes clareadores, para que os efeitos indesejados do processo de clareamento sejam reduzidos, diminuindo a sensibilidade durante e pós o tratamento. Esses agentes dessensibilizantes impedem a movimentação do fluxo dentinário, por conta de oclusão dos túbulos dentinários ou bloqueamento da ativação neural dos mecanorreceptores pulpares. Os mais utilizados são o nitrato de potássio e os fluoretos [5].

Com o surgimento das técnicas de clareamento dental em consultório, o uso de peróxido logo foi combinado com fontes luminosas e a técnica foi altamente difundida. O principal objetivo é acelerar (muitas vezes confundida com o termo fotoativar) o clareamento para pacientes que não se adaptam à técnica de auto-aplicação (caseira). O gel clareador não tem necessidade de ser ativado (com o sem o uso da luz ele atua nas estruturas dentais), mas o emprego da luz pode acelerar a reação de oxi-redução e assim a liberação de radicais livres. Ainda existem controvérsias sobre a real eficácia da utilização de LEDs no procedimento de clareamento dentário, mesmo assim este tem sido amplamente utilizado em consultórios para realização dos tratamentos [4].

Contudo, para que se tenha um processo eficiente, os fótons devem ser absorvidos pelos componentes do gel clareador, de forma a se acelerar a reação de liberação dos radicais livres que quebram os anéis de carbono de alto peso molecular, que formam por sua vez, radicais hidroxilas, que convertem as moléculas pigmentadas em moléculas bem menores, que por consequência, são mais claras [6]. Considerando que o peróxido de hidrogênio apresenta-se de coloração incolor, usa-se espessantes coloridos para que o gel fique com uma consistência mais espessa, para que não escorra durante o

tratamento. Além disso, nos espessantes são utilizados corantes para que seja possível o uso de luz para sua ativação do peróxido de hidrogênio.

Na literatura, muitos são os trabalhos que avaliam a necessidade de uso de luz para acelerar o processo de clareamento, e os resultados são controversos [1][4][6]. Vale a pena ressaltar que os LEDs são os mais indicados para esta finalidade pois, devido às suas características de coerência e pequena faixa de comprimento de onda, os efeitos negativos decorrentes de um aumento excessivo de temperatura são minimizados, uma vez que aquecem o produto e não a estrutura dental. Outra vantagem da utilização de luz no clareamento é a possibilidade de realizar o tratamento em uma única sessão, havendo um controle mais seguro da variação da temperatura.

O presente estudo foi proposto por conta das controvérsias existentes na literatura sobre se devemos ou não usar luz para a ativação do agente clareador, e ainda, se esta luz deve coincidir com o pico de absorção do gel para melhores resultados.

3 Objetivos

De acordo com o elucidado acima, este trabalho *in vitro* buscou, em um primeiro momento, desenvolver uma fonte de irradiação verde de baixo custo para ativação de um gel clareador à base de peróxido de hidrogênio com espessante vermelho e, em um segundo momento, avaliar o efeito desta fonte de luz na alteração de cor ocorrida durante o processo de clareamento dental *in office*.

4 Revisão Bibliográfica

4.1 Anatomia Dental

O dente tem sua forma reproduzida pela dentina, que por sua vez é recoberta pelo esmalte, e pode ser dividido em duas grandes regiões: coroa (porção visível do dente) e raiz (recoberta pelo osso alveolar). O conjunto dos dentes está inserido nas arcadas alveolares da maxila e da mandíbula, e estes participam ativamente do processo de digestão, uma vez que realizam a desintegração mecânica dos alimentos colocados na boca [7][8]. A polpa dental está localizada internamente à dentina e, através do canal radicular, é nutrida pelo organismo. Externamente, o elemento dental é circundado pelo periodonto, o qual é constituído de gengiva, cemento, ligamento periodontal e osso alveolar. Para assegurar a fixação do elemento dental nas cavidades alveolares, existe o ligamento periodontal, constituído por tecido conjuntivo fibroso (fibras colágenas) [7]. A Figura 1 ilustra os principais tecidos constituintes do elemento dental.

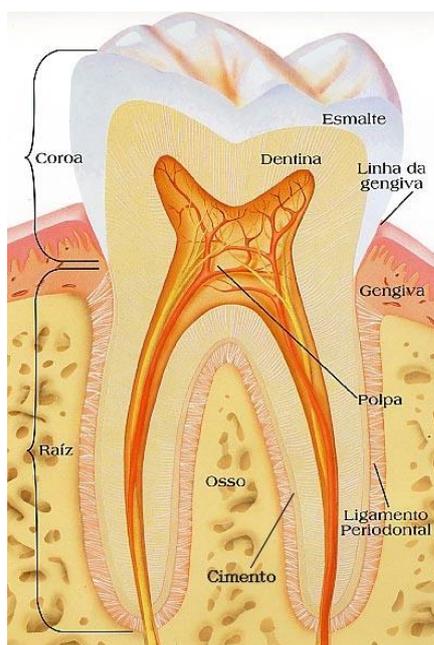


Figura 1: Morfologia e estrutura interna do dente, evidenciando os principais tecidos que compõem este órgão [7].

A arcada dentária é dividida em superior e inferior e, considerando os dentes permanentes, cada uma delas é constituída por 16 dentes, sendo eles, 4 incisivos, 2 caninos, 4 pré-molares e 6 molares por arcada (Figura 2), sendo que cada um deles apresenta funções distintas no processo de mastigação. Além do processo digestivo, os dentes têm a importante função na estética facial, dicção das palavras e comunicação [8].



Figura 2: Arcada dentária superior e inferior [7].

4.1.1 Esmalte

É um tecido translúcido e mineralizado, sendo 97% do seu peso constituído de substâncias inorgânicas (majoritariamente hidroxiapatita), 1% de substâncias orgânicas (proteínas) e 2% do seu peso é constituído por água. Sendo assim, é possível afirmar que é o tecido mais mineralizado do corpo humano, além de ser a estrutura mais visível do dente [8]. Quando analisado microscopicamente, é possível observar que seu conteúdo mineral é constituído majoritariamente por hidroxiapatita em forma de cristais (composto de 52% de fosfato, 37% de cálcio e 3% de hidroxila, apresentando em média 50nm de diâmetro e 100 nm de comprimento), os quais estão unidos fortemente e organizados em forma de barras separadas por pequenos espaços, que por sua vez permitem a passagem de moléculas muito pequenas [8]. A funcionalidade do esmalte está relacionada principalmente à sua dureza, que suporta as forças mecânicas da mastigação, porém a eficácia dessa

propriedade depende diretamente do auxílio da dentina, que se encontra logo abaixo da camada de esmalte [9].

O esmalte não possui banda de absorção na região do visível, o que leva a sua cor ser determinada principalmente pelo espalhamento da luz de estruturas internas. Ele apresenta uma cor branca com tonalidade azulada (mas pode ser encontrada entre o amarelo claro e o branco acinzentado), e sua translucidez permite que a dentina, que se localiza a alguns milímetros abaixo da superfície, reflita sua cor, o que contribui para a coloração do dente [7][8].

4.1.2 Dentina

É um tecido amarelado, parcialmente mineralizado e com composição e morfologia heterogênea, sendo constituído por 70% de substâncias inorgânicas, 18% orgânicas e 12% de água (mas essa composição varia de acordo com a localidade e profundidade que se encontra na cavidade oral). Microscopicamente, é possível observar múltiplos túbulos dentinários (pobres em colágeno, compostos basicamente por cristaltos de apatita de baixo teor de cálcio e alto de carbono), paralelos a uma pequena distância da câmara pulpar, com forma de pequenos cilindros com diâmetro entre 1,2 μ m e 2,5 μ m [9].

A dentina tem variação na densidade de seus túbulos, de acordo com a profundidade em que se encontram. Mais externamente, existem em média 15.000 a 20.000 túbulos por mm² e, internamente, 70.000 a 90.000 túbulos por mm². Essa diferença influencia na permeabilidade da dentina, de acordo com a proximidade com a polpa (nessa região o diâmetro dos túbulos é bem maior e, sendo assim, ocorre grande difusão de fluido para a dentina). Dentro dos túbulos, encontramos os odontoblastos (presentes também na polpa), que têm como função o início do processo de remineralização por produção de matriz colágena, onde ocorre a deposição de cristais de apatita [9].

Podemos dividir a dentina em dois tipos, de acordo com sua localização em relação aos túbulos dentinários: dentina peritubular, a qual envolve os túbulos dentinários e que tem em sua constituição principalmente cristal de apatita (95%), dentina intertubular (localizada entre os túbulos), a qual é composta por uma menor quantidade de substâncias inorgânicas (pelo menos cinco vezes menos) [9]. A estrutura da dentina é responsável basicamente pela propriedade elástica, que previne fraturas no esmalte, já que cede um apoio complacente a ele. Porém, caso haja grande desgaste no esmalte, a dentina será rapidamente desgastada, já que possui menor dureza [9].

4.1.3 Polpa

A polpa dental é constituída de tecido conjuntivo frouxo; sua composição é de 75% água e 25% material orgânico. Trata-se de um tecido que ocupa a cavidade interna do dente e que tem como composição células, vasos, nervos, fibras e substância intercelular. Está dividida em duas partes, a coronária (localizada na região da coroa do dente) e a radicular (localizada no interior da raiz). Existem canalículos dentinários que convergem para a polpa, já que a junção dentina-esmalte é maior, o que resulta em uma concentração de substâncias penetrando muito mais na área próxima a polpa do que em relação à junção amelo-dentinária [10].

Esse segmento do dente possui função nutritiva que, durante a fase de desenvolvimento, promove nutrientes e líquido tecidual para os componentes orgânicos dos tecidos mineralizados ao seu redor. Possui prolongamentos odontoblásticos que começam nas junções dentina-esmalte e dentina-cimento e que se estendem até a polpa. São esses prolongamentos que são vitais para o metabolismo da dentina. Um dos mais importantes trabalhos da polpa é sentir dor, já que dentro dela existem terminações nervosas livres; além disso, responde às agressões em forma de inflamação; porém, esse processo pode destruir a polpa caso os agentes nocivos forem muito intensos e duradouros.

Contudo, a polpa pode, com seu poder circulatório, remover o agente irritante [10].

4.1.4 Cimento

É um tecido composto por 22% de matéria orgânica e 32% de água. Trata-se de um tecido mineralizado (46 a 50% de matéria inorgânica, composta por cristais de hidroxiapatita), avascular e sem inervação, que cobre a superfície radicular do dente e, por meio de ligamento periodontal, insere-o no nervo alveolar. É composto por cementoblastos (células que produzem fibras de colágeno), cementócitos (emitem prolongações que fazem os ligamentos que o nutrem) e cementoclastos (reabsorvem tecidos duros quando necessário). Além disso, tem como função manter as ligações oclusivas e o espaçamento periodontal, reinserção e realocização do ligamento periodontal. Sua parte mais externa está próxima à dentina radicular e a interna com o ligamento periodontal, já a parte mais superior está em contato com o esmalte e a apical com a polpa. Possui dureza menor que a dentina e o esmalte e sua permeabilidade é menor que a da dentina [11].

4.2 A cor do Dente

A cor dos dentes é influenciada por uma combinação intrínseca de presença de coloração (absorção de luz e cor da dentina) e extrínseca de como é a forma da superfície do dente (local com menos acesso à escova de dente e a ação da pasta de dente, fumo, dieta e medicamentos). Falando em termos de espectro, um material branco é aquele que reflete todos os comprimentos de onda visíveis (variando de tons de cinza para o preto, por meio de uma constante de refletância, sendo 0% o preto) [10][2].

A percepção da cor dos dentes é um fenômeno complexo, que pode ser influenciado por inúmeros fatores (luz incidente, o estado de adaptação do observador e o contexto em que o dente é observado). A reflexão e absorção da luz pelo dente podem ser influenciadas por transmissão especular pelo dente ou pela sua superfície, reflexão difusa da superfície, absorção e

dispersão da luz pelos tecidos do dente, conteúdo mineral do esmalte, espessura do esmalte, cor da dentina e a presença de manchas intrínsecas e extrínsecas. Sendo assim, no contexto em que o dente é visto, a percepção de brilho do dente pode mudar consideravelmente dependendo do brilho do fundo (a matiz de cor se modifica), esses fatores podem ser influenciados por um chiclete ou certa cor de batom [10].

A distribuição da coloração dos dentes em diferentes regiões da boca tem sido extremamente estudada. Em geral, os dentes anteriores da maxila são ligeiramente mais amarelos do que os anteriores da mandíbula e os incisivos centrais anteriores são mais claros em comparação com os incisivos laterais e caninos. Além disso, a cor também difere de acordo com o sexo do indivíduo; sendo assim, as mulheres possuem dentes mais brancos do que os homens. Em geral, a cor dos dentes tem tendência a se tornar mais escura de acordo com o avanço da idade, o que acontece por conta de vários fatores, dentre eles a camada mais espessa de dentina secundária, o que torna a dentina mais dura e menos permeável ao mesmo tempo em que pigmentos orgânicos vão sendo depositados na junção entre a dentina e o esmalte. Com o aumento do hábito de tomar café e/ou chá, também há mudanças na coloração da gengiva, mudando a cor do fundo que, como citado anteriormente, contribui para a aparência não tão branca dos dentes [2].

Existem inúmeros fatores que contribuem para que os dentes tornem-se mais escurecidos e manchados ao longo do tempo, como o abuso de cigarro, composto de nicotina que é um tóxico alcalóide, do grupo de alcalóides de oxigênios livres; higiene dental realizada de maneira errada, como por exemplo com pouca escovação e uso do fio dental (que causa acúmulo de placa bacteriana, que pode causar manchamento do tecido dentário). Certas doenças podem descolorir a superfície do dente, além disso, alguns tipos de medicamentos e tratamentos podem afetar significativamente na coloração, como quimioterapia e uso de tetraciclina. É interessante considerar também, a pré-disposição genética e o avanço da idade, onde há desgaste do esmalte, fazendo com que este fique com aspecto mais amarelado [12][13]. Os agentes de coloração de diversos alimentos e bebidas também podem causar essas

manchas, como: bebidas gaseificadas compostas de cola, chá preto, café e vinho vermelho, os quais possuem a maior influência na coloração dos dentes [14].

4.3 Clareamento dental

A técnica de clareamento dental consiste de uma microlimpeza das estruturas dentais, que utiliza como agente o peróxido de hidrogênio, que penetrará no esmalte e na dentina (por difusão). As moléculas complexas de pigmentos orgânicos são destruídas (e conseqüentemente retiradas do esmalte) por uma reação de oxidação-redução (redox) e ação de íons de peridroxil, originado pela degradação do peróxido de hidrogênio, sendo clivadas em moléculas simples e laváveis, que saem facilmente da estrutura dental em contato com a água [4].

O motivo pelo qual os dentes clareiam durante os procedimentos de clareamento é quase que totalmente dependente do motivo pelo qual ocorreu a alteração da cor. Caso ela tenha sido proveniente de hemorragia ou restos de tecidos ou produtos de degeneração da polpa, há um prognóstico muito bom. Porém, se o escurecimento foi causado por penetração ou precipitação de medicamentos, materiais de restauração ou até mesmo sais metálicos, às vezes chega a ser impossível da cor ser corrigida satisfatoriamente [4].

Cada paciente e cada tipo de dente (dependendo de sua localização) tem um tipo de resposta ao tratamento e o que deve ser lembrado é que o clareamento é gradual, sendo que ele atinge um platô máximo para cada um. A maior dificuldade do profissional dentista é definir a escala de cores para cada caso, já que não há uma escala que represente realmente a variação de cores nos diferentes terços dos dentes (as cores dos dentes não são homogêneas) [4].

Existem dois tipos de técnica de tratamento de clareamento dental, o *in-office* e o realizado em domicílio. O tratamento domicílio utiliza peróxido de hidrogênio, sendo apresentados em diferentes formas, gel, pasta, enxaguante

bucal e etc, por outro lado, o clareamento *in-office* é o procedimento de maior segurança, uma vez que é realizado por um profissional capacitado, que utiliza proteção para os tecidos moles em caso de contato do agente clareador com a pele, além de controlar o tempo com maior precisão e poder utilizar luz para acelerar o processo. A técnica realizada em domicílio é empregado peróxido de carbamida em 10% de concentração, utilizada em moldeiras de material plástico de uso noturno, sendo recomendada uma aplicação de 6 a 8 horas, e é possível conseguir um resultado satisfatório em 2 a 6 semanas. O procedimento é seguro, uma vez que ele seja realizado da maneira correta, transformando assim essa técnica como uma das mais utilizadas hoje em dia, sendo como tratamento único para manchas leves a moderadas ou também como um complemento para o tratamento *in-office* [15][16].

4.3.1 Mecanismos de ação dos clareadores

O peróxido de hidrogênio (ativo em géis clareadores) é um agente oxidante muito forte que se difunde livremente através do esmalte e dentina, já que há possibilidade de penetrar nesses substratos (substância de baixo peso molecular). Sendo assim, o clareamento dental só ocorre por conta dessa permeabilidade e difusão dos agentes clareadores. Para que ocorra o clareamento dental acontece uma complexa interação física e química entre o peróxido e o agente causador das manchas [5].

Quando o peróxido de hidrogênio se decompõe, os radicais livres do oxigênio são liberados, e como eles são muito reativos e instáveis, por conta de elétrons não pareados, esse oxigênio se torna estável quando captura um elétron de moléculas que o cercam, como por exemplo, as grandes e complexas moléculas dos pigmentos que estão presentes no esmalte dentário. Esse processo quebra os pigmentos, clareando o dente. Esse clareador pode ter sua ativação acelerada por uma fonte de luz, já que a aquece e faz com que a liberação dos radicais de oxigênio seja liberada e, assim, ocorrendo o fenômeno de clareamento (Figura 3). O que deve ficar evidente é que a fonte

de luz não tem como intuito clarear os dentes e sim ativar de maneira mais eficaz a ação branqueadora do agente clareador [17].

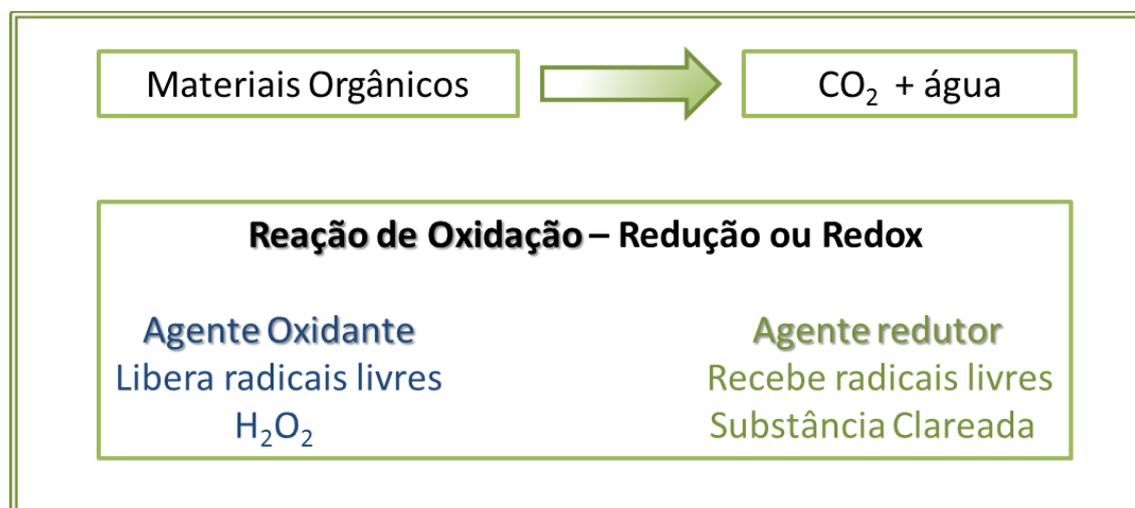


Figura 3: Esquema do mecanismo da reação de oxidação do agente clareador.

4.4 Efeitos adversos provenientes do clareamento dental

Técnicas de clareamento disponíveis nos dias de hoje não são permanentes para a grande maioria das pessoas, o que resulta em alteração indesejada da cor em pouco tempo. O que pode ser afirmado é que quanto mais difícil foi alcançar o clareamento desejado, mais fácil se torna a recidiva da coloração antiga. Existem certos motivos para as manchas escuras voltarem, como por exemplo, a má seleção do caso e/ou uso incorreto da técnica [18][19].

Pode ocorrer enfraquecimento dos dentes, já que ocorre uma desidratação dos mesmos, e assim uma perda de estruturas durante a remoção de manchas. O uso do peróxido de hidrogênio reduz a microdureza do esmalte e da dentina, mas em quantidade pequena ou inexistente, porém o cimento apresenta irregularidades, sendo assim, o clareamento pode causar efeitos aos tecidos duros dos dentes e por conta disso, devem ser usados com parcimônia [18][19].

4.4.1 Efeitos sobre os tecidos adjacentes

Existem preocupações com a possibilidade de ocorrerem efeitos patológicos em casos de longos períodos de exposição aos agentes clareadores, como irritação e úlceras na gengiva, já que os agentes são tóxicos aos fibroblastos em certas concentrações. É claro que esses efeitos ocorrem, em sua maioria, quando o peróxido é utilizado de forma incorreta, já que esses produtos resultam em radicais livres de oxigênio, que são espécies de oxigênio reativo que são formados em todo sistema vivo que usa oxigênio, reagindo e causando oxidação, que por sua vez prejudicam os tecidos. Efeitos adversos e/ou tóxicos dos peróxidos podem ocorrer, mas está muito mais relacionado ao uso impróprio e/ou abusivo do que ao clareamento em si [18].

4.5 O LED

Um dispositivo foi recentemente introduzido nas técnicas de clareamento dental, usado para acelerar o peróxido de hidrogênio (agente clareador). O dispositivo nada mais é que um diodo emissor de luz (*light emitting diode*) que, a partir de um processo de luminescência, produz uma luz na região do espectro visível, com baixa potência. A luz proveniente do LED é produzida pela recombinação de elétrons energizados, durante sua passagem por uma junção P-N, de um material semi-condutor, que foi polarizado. A luz produzida possui uma banda estreita, que é diferente de uma lâmpada halógena comum, que necessita do aquecimento de um filamento metálico para que se torne incandescente [20].

Os LEDs, como citado anteriormente, são semicondutores complexos que convertem corrente elétrica em um espectro luminoso estreito, não coerente, monocromático e seu comprimento de onda está relacionado ao tipo de material usado na composição do semicondutor (o cristal pode ser dopado com gálio, alumínio, arsênio, fósforo, índio ou nitrogênio). A luz proveniente desse componente pode variar do ultravioleta ao visível e infravermelho (Figura 4). As cores mais usadas são o azul (400-470nm), verde (470-550nm), vermelho (630-700nm) e infravermelho (700-1200nm). O pico de energia

liberada é na casa dos mili Watts, e não liberam energia suficiente para causar danos aos tecidos humanos. Com o LED ainda é possível combinar comprimentos de onda de vários tamanhos, e dispersa a luz por uma superfície maior, sendo assim pode ser usada em grandes áreas para tratamento, diminuindo o tempo de tratamento e/ou exposição [21].

Os modelos de LED mais conhecidos para a cor vermelha é o composto de AlGaInP (*Aluminium Gallium Indium Phosphide*) e o de cores verde e azul, é o InGaN (*Indium Gallium Nitride*). No centro do LED, a intensidade da luz é máxima e ela decresce rapidamente quando o medidor é deslocado para os lados, mas o fluxo luminoso de um LED pode representar um maior e melhor aproveitamento de sua energia (de acordo com a aplicação) [22].

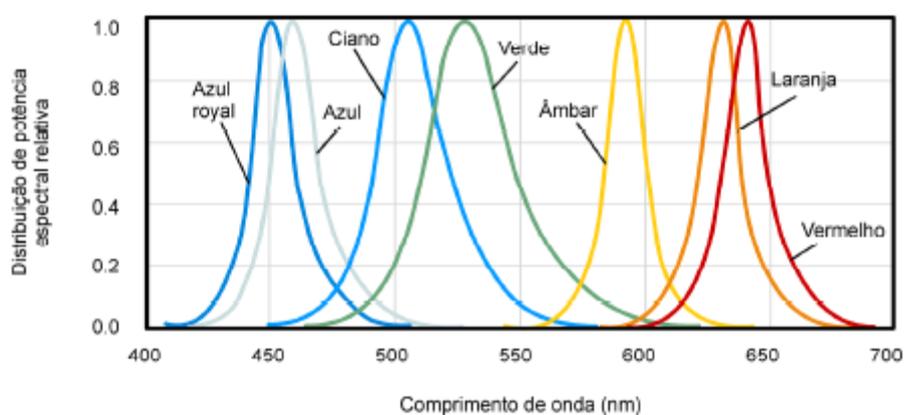


Figura 4: Diferentes tipos de LEDs e seus comprimentos de onda [22].

4.6 Mecanismos de Funcionamento do LED

O LED é composto por dois materiais distintos, formando uma junção P-N (assim como em dispositivos semi-condutores). Na junção, o lado P é constituído basicamente por lacunas (falta de elétrons) e o lado N, por sua vez, é cheio de cargas negativas (excesso de elétrons). No momento em que ele é polarizado diretamente, os elétrons e as lacunas entram em movimento, indo todos em direção ao mesmo ponto, essa combinação de elementos resulta na emissão de fótons (Figura 5) [22].

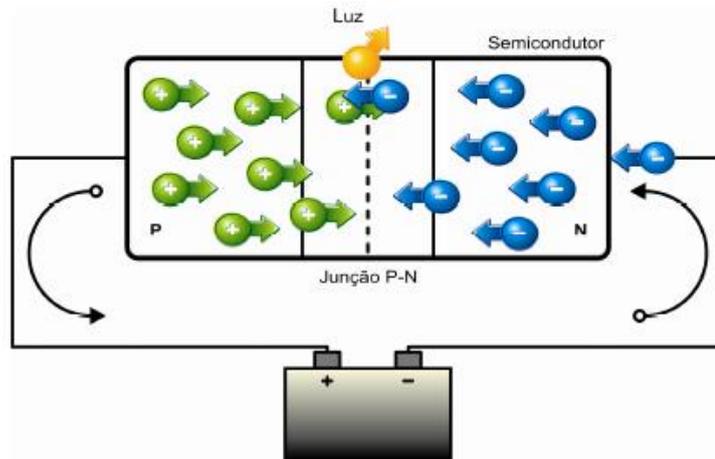


Figura 5: Processo de emissão de luz por um LED [22].

Existe uma região, que é chamada de região de depleção, que se estende do lado P. Há uma barreira de potencial de E_c do lado N, para o E_c do lado P, que é chamado de tensão interna V_0 . Quando é aplicada a voltagem pela junção, esse potencial fica reduzido de V_0 , para $V_0 - V$. Isso permite com que os elétrons passem do lado N para serem injetados no lado P. Os elétrons injetados dentro do lado p se recombinam com os espaços, esse fenômeno resulta em uma emissão espontânea de fótons (que escapam do equipamento sem que sejam reabsorvidos), o que gera a luz, chamada de injeção eletroluminescente (Figura 6) [23].

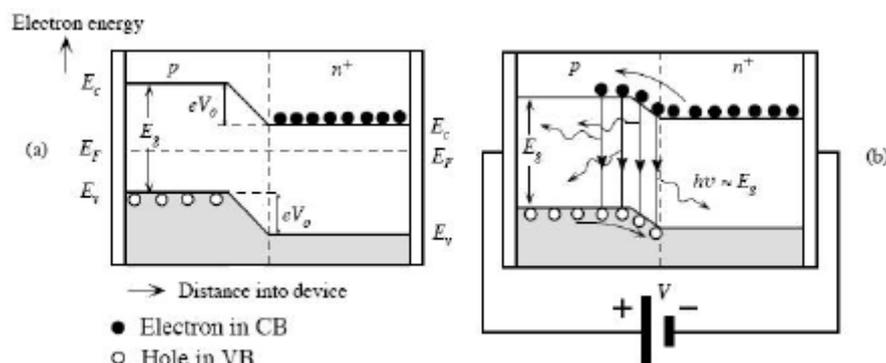


Figura 6: Diagrama de bandas de energia [23].

A estrutura do LED é crucial para o funcionamento correto e a emissão de luz. Essa estrutura deve prover a maior quantidade de recombinações possíveis em sua superfície, a partir de duas maneiras:

- Aumentando a quantidade de dopantes no substrato e então essa quantidade adicional de pequenas cargas possam carregar os elétrons, e fazer com que eles se movam para cima, recombinando-se e emitindo a luz na superfície;
- Aumentando o comprimento de difusão. Mas quando aumentado a um comprimento crítico, há uma chance de acontecer uma reabsorção dos fótons no dispositivo.

O LED foi estruturado para que não ocorra reabsorção dos fótons gerados e que assim sejam emitidos, também sem serem reabsorvidos. Uma das soluções encontradas para que isso não ocorra é fazer que a camada P fique delicadamente por cima, um tanto que seja suficiente para que seja criada uma camada de depleção. Geralmente a construção dos LEDs é feita em um substrato do tipo N, com um eletrodo conectado em uma camada tipo P, que está apoiada em sua superfície (Figura 7). O contrário também existe e, apesar de não muito comum, os LEDs funcionam bem [23].

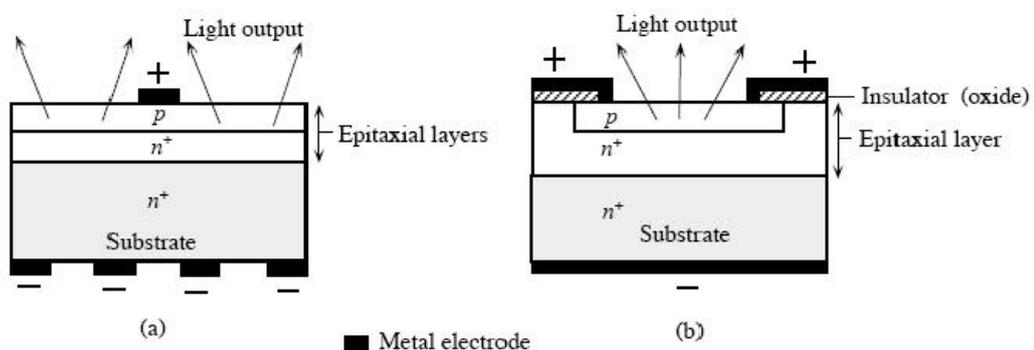


Figura 7: Esquema de uma superfície emissora de um LED [23].

4.6.1 Interação da luz LED com a Matéria Biológica

São utilizados parâmetros para estudar os efeitos biológicos causados pelos LEDs: comprimento de onda, dose (fluência), intensidade, tempo de irradiação, modo contínuo ou pulsado e padrões de pulso. Em questões de segurança, o LED é muito seguro, já que pode não gerar calor, nem é tóxico e muito menos invasivo, além de não haverem relatos de efeitos colaterais. O LED já obteve aprovação da *Food and Drug Administration* (FDA) por não oferecer riscos aos pacientes [21].

Existem algumas utilizações do LED para tratamento terapêutico, entre elas pode-se citar no auxílio à cicatrização de lesões na pele (para aceleração do processo de cicatrização), auxílio ao tratamento de lesões de diabéticos (auxilia os processos bioquímicos e fisiológicos de feridas), trata lesões em pacientes hemofílicos (produção de fatores coagulantes deficientes no sangue) e também como fonte de energia para desencadear processos de destruição de células cancerígenas em meio a agentes fotossensibilizantes, no tratamento de certos tipos de câncer [24].

Para o sucesso das terapias, é de fundamental importância que sejam conhecidas as interações da fonte de luz com o tecido biológico, de forma a se garantir segurança no uso, assim como garantir os efeitos biológicos desejados. A seguir, são explicitadas sumariamente as principais interações da luz com os tecidos biológicos.

4.6.1.1 Reflexão

Uma parte do feixe de luz incidente em um meio é refletido formando um ângulo de reflexão igual ao ângulo de incidência (essa parte refletida será menor quanto menor estiver o ângulo de incidência, $\Theta_i = 0$, em relação à normal à superfície de separação e quanto maior for o coeficiente de absorção do outro meio), conforme esquema da Figura 8. Caso a luz LED chegue à pele do paciente de maneira perpendicular, ela pode interagir, assim como quanto

mais a limpa a pele estiver maior a chance de ter algum tipo de interação com o tecido, já que não haverá nenhuma barreira refletora de luz [24].

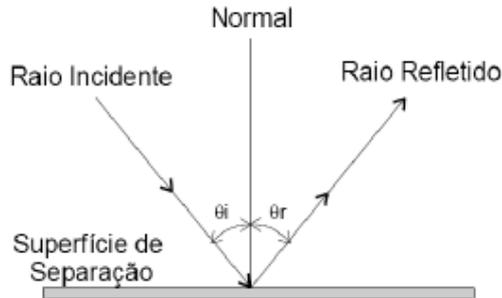


Figura 8: Esquema do fenômeno de reflexão da luz LED [24].

4.6.1.2 Refração

Uma parte da luz que penetra em um meio B, é refratada com um ângulo de refração que depende da relação entre a densidade do meio de origem, A, e a densidade do meio de destino B (Figura 9). Caso a densidade do meio B seja maior que a do meio A, a luz é refratada e se desvia em direção à normal (caso contrário a luz é desviada e se afasta da normal). A luz ao entrar em contato com a pele do paciente tem de seu total incidido, 96% que pode atravessar as camadas mais superficiais [24].

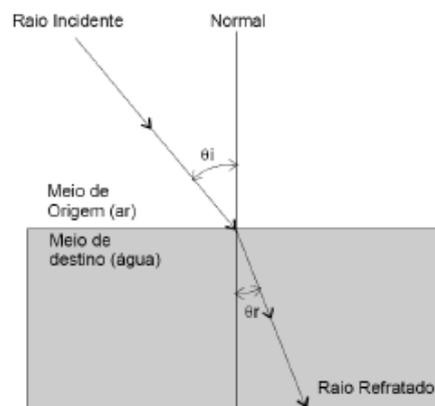


Figura 9: Esquema do fenômeno de refração da luz LED [24].

4.6.1.3 Dispersão

Por conta da heterogeneidade dos tecidos biológicos, é difícil saber com exatidão como a luz LED (ou qualquer outra) se comporta em seu interior, o que torna o seu processo inviável, mas no momento em que penetra, é possível afirmar que, sofre inúmeros processos de refração e reflexão. Esse fenômeno é conhecido como difusão e é responsável pela dispersão da luz nos tecidos biológicos (Figura 10). Apesar de ocorrer este fenômeno, aproximadamente 50% do feixe de luz atinge imediatamente os substratos inferiores do tecido [24].

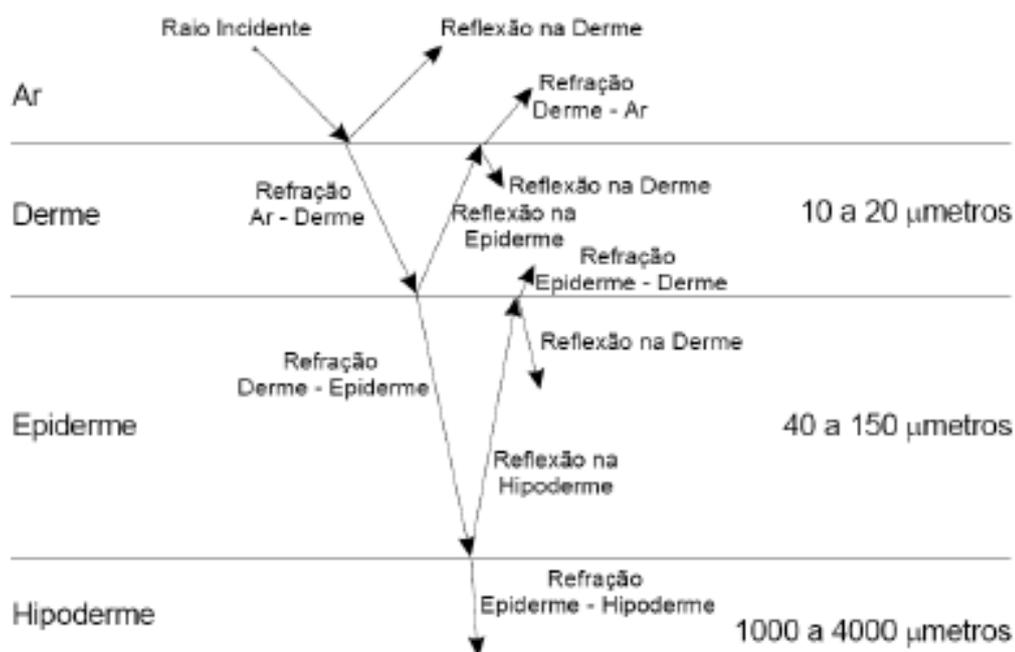


Figura 10: Esquema do fenômeno de dispersão da luz LED no tecido biológico [24].

Na pele existem muitos tipos de fotorreceptores e cada um deles é sensível a certos comprimentos de onda, então, dependendo da cor a luz é absorvida de maneira seletiva (ou não) [24].

4.6.1.4 Absorção

O fenômeno de absorção, se dá quando uma onda eletromagnética incidente pode atravessar um meio, além de realizar uma conversão de parte da luz em calor, por conta do aumento da vibração das moléculas do material incidido. A absorbância de um meio, por sua vez, pode ser definida como a razão das intensidades absorvidas e incidentes. Podemos dizer que um meio transparente, é aquele que permite a passagem de luz completa, ou seja, sem nenhuma absorção (tudo o que é incidido na amostra atravessa para o outro lado sem perda), e um meio opaco, é aquele que reduz a passagem de luz quase para zero. Esse fenômeno pode ser descrito pela lei de Lambert-Beer, $I(z) = I_0 \exp(-\alpha z)$, onde z é o eixo óptico, $I(z)$ é a intensidade da distância z , I_0 é a intensidade incidente e α é o coeficiente de absorção do meio. O recíproco do coeficiente de absorção, é conhecido como comprimento de absorção (L), que é medido como a distância em z que a intensidade $I(z)$ decai em $1/e$, do valor de incidência I_0 , e é dado como $L = 1/\alpha$ [25]. A Figura 11 evidencia as principais formas de interação da luz com o tecido biológico.

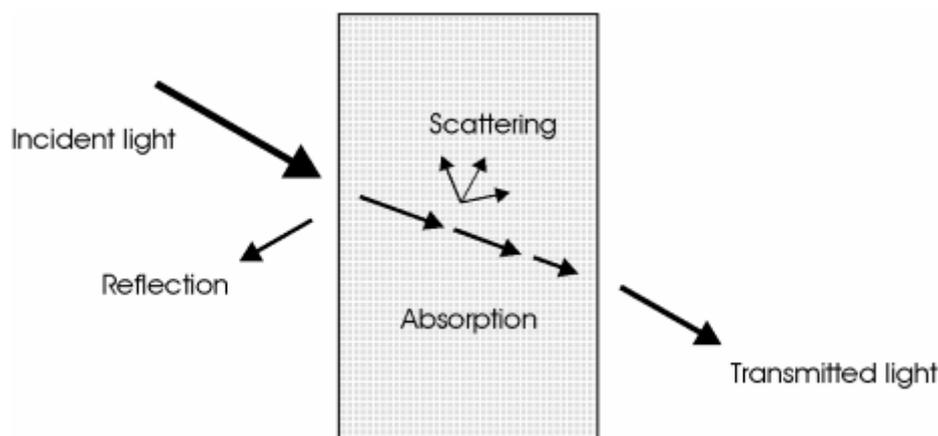


Figura 11: Esquema do fenômeno de absorção da luz LED [25].

A absorção pode ser dividida duas: geral (intensidade de todos os comprimentos de onda é atenuado de maneira semelhante) e seletiva (certos comprimentos da onda são absorvidos e outros não). Para a absorção geral, pode se dizer que a luz transmitida não possui nenhuma cor que prevalece, é

somente uma “luz branca”, que possui aspecto acinzentado, já a seletiva é a que ocorre nas substâncias que possuem cores, uma vez que absorve certos tipos de comprimento de onda, enquanto transmite as demais [26].

4.6.1.5 Espalhamento

Um fator que contribui para perda de intensidade da luz incidida em um meio, além da absorção, é o espalhamento, em que parte da energia é perdida por conta da fuga de luz do feixe principal, resultando em energia espalhada/difusa [26]. O espalhamento representa frequências que não corresponde as frequências natural das partículas que estão sendo incididas, o resultado dessa oscilação é determinado por conta da vibração forçada que difere da onda incidida, deixando fótons lentos no momento em que penetram no meio (Figura 12). É possível encontrar uma semelhança entre a intensidade de espalhamento e o índice de refração, uma vez que o espalhamento de partículas é menor do que a onda incidente original, sendo inversamente proporcional a quarta potência do comprimento de onda. A representação matemática para o espalhamento que mais prevalece é o Espalhamento de Rayleigh, descrito como $E(z) = E_0 \exp(ikz)$, onde E_0 é amplitude de incidência do campo elétrico, k é o tamanho do vetor de propagação e z denota o eixo óptico [25].

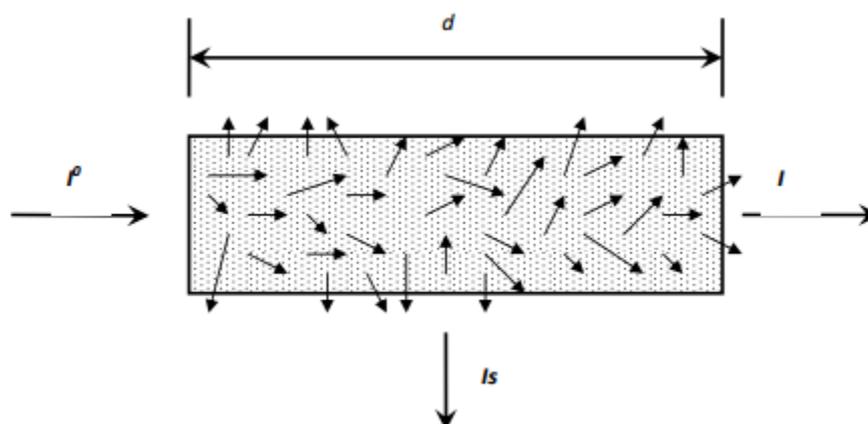


Figura 12: Esquema do fenômeno de dispersão da luz LED [26].

4.7 Avaliação da Cor com CIELab

A colorimetria teve estudos mais aprofundados em 1931, com a Comissão Internacional em Iluminação (CIE – Commission Internationale de l’Eclairage), que estabeleceu um sistema de medição de cor. Foi percebida a necessidade de modelos matemáticos para descrever como as cores poderiam ser representadas, utilizando modelos geométricos de cores que podem ser vistas. Esses modelos representam as cores em relação ao seus valores de intensidade e visualização, geralmente definidos em três dimensões, como cubos, cones e poliedros. Após inúmeros estudos, chegou-se ao CIELab ($L^*a^*b^*$), áreas de cor tridimensionais baseadas na sensibilidade retinal, as quais têm sido propostas para análise de cor, com XYZ e $L^*a^*b^*$ derivados da área de cor RGB (Red Green Blue). A escala RGB representa as cores relativas ao ponto branco de referência, que torna o método CIELab melhor em relação à outras formas de avaliação de cor por conta de sua distância geométrica proporcional no espaço entre duas cores diferentes. Neste sistema, os valores de L^* , a^* e b^* são plotados nos ângulos correspondentes de cada um, em um plano de coordenadas 3D, as distâncias que são iguais no espaço e são representadas igualmente em cores diferentes (Figura 13) [27].

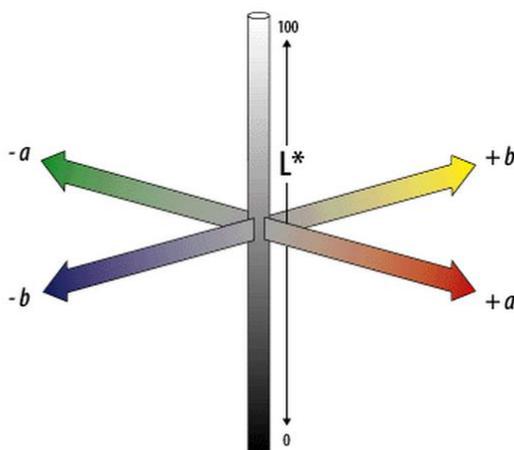


Figura 13: Esquema 3D de medição de cores CIELab [28].

O valor de L^* determina qual a intensidade do claro/escuro, sendo considerado 0 o preto e o 100 o branco, já o eixo a^* mostra as intensidades de verde e vermelho, sendo quanto mais positivo mais vermelho é e quanto mais negativo, mais verde é. Por fim, o eixo b^* representa o azul e amarelo, sendo quanto mais positivo, mais amarelo e quanto mais negativo, mais azul. Os eixos a^* e b^* não possuem limites numéricos específicos, mas na prática eles aparecem de acordo com a técnica de análise empregada [27]. Esses eixos são baseados no fato de que uma cor não pode ser ao mesmo tempo vermelha e verde, e nem muito menos azul e amarela, já que essas cores são exatamente seus contrários, e no momento onde os dois eixos forem zero, resultam na cor de um cinza neutro [28].

A mudança de cor em si é avaliada pelo valor de ΔE , que nada mais é do que o valor obtido pela equação $\Delta E^*_{ab} = (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{1/2}$, e representa o cálculo da diferença total de cor, que retorna um valor objetivo e confiável. Esse valor é uma medida exclusiva que representa a “distância” entre duas cores, ajudando a identificar os limites dos fluxos de cores. É necessário saber que um valor aceitável de ΔE varia de acordo com o ambiente e que o olho humano não é capaz de observar as diferenças no ΔE abaixo de uma medida aproximadamente 1. Quando os valores de ΔE que estão entre 1 e 3.3 caracteriza uma diferença de cores perceptível, porém considerada aceitável de forma que não há necessidade de se trocar uma restauração estética ou de se repetir um procedimento de clareamento dental. Entretanto, valores de ΔE acima de 3,3 são considerados alterações de cor inaceitáveis esteticamente, isto é, a diferença de cor é muito grande tal que requer a troca de restaurações [14][28][29][30].

5 Metodologia

5.1 Delineamento experimental

Este experimento *in vitro* foi dividido em duas fases experimentais. Na primeira, foi construído um irradiador verde para irradiação do gel clareador

com espessante vermelho durante a simulação do procedimento de clareamento dental *in office*. Na segunda fase experimental, 30 amostras de esmalte dental bovino foram escurecidas e, em seguida, aleatoriamente distribuídas em 3 grupos experimentais distintos; grupo 1: clareamento realizado sem irradiação; grupo 2: clareamento realizado com irradiação por LED azul; grupo 3: clareamento realizado com irradiação por LED verde. O processo de clareamento foi realizado empregando-se gel à base de peróxido de hidrogênio 35% durante 45 minutos, divididos em 3 intervalos de 15 minutos cada. Antes do escurecimento, após o escurecimento e após o clareamento, a cor das amostras foi mensurada utilizando-se o sistema CIEL*a*b, obtendo-se os valores de ΔE para os três tempos experimentais, com utilização de uma rotina do software MATLAB (MathWorks, EUA). A análise estatística foi realizada empregando-se os testes de análise de variância e teste de Tukey, ao nível de significância estatística de 5%.

5.2 Construção do irradiador de LED Verde

O irradiador com LED Verde foi construído de maneira “rústica”, isto é, fixado por meio de solda, num cilindro de alumínio, para uma melhor dissipação de calor. Para a iluminação, foi escolhido um LED *emitter* de alto brilho, de 3W de potência (EDISON Opto Corporation, Taiwan), para que fosse possível encontrar uma potência óptica equivalente ao irradiador de luz azul comercial (Whitening Lase II - DMC Equipamentos, Brasil).

As características técnicas do LED escolhido são:

- Cor: Verde;
- Corrente: 700 mA;
- Tensão: 3,4 V a 4,3 V;
- Comprimento de onda: 515 nm a 535 nm;
- Temperatura operacional min/máx: -30°C e +110 °C.

Para sua montagem, foi consultado o *datasheet* do componente, para melhor entendimento do componente e melhor aproveitamento de seus recursos. Por ser um componente que produz muito calor durante sua operação, ele foi fixado num cilindro de alumínio, por meio de solda de estanho, para que, assim, o calor fosse dissipado com maior rapidez, impedindo que o componente estrague ou perca suas qualidades de luz e potência. Foram soldados fios para conexão com a fonte de alimentação (Minipa – Soluções em Equipamentos de Medição, Brasil) e, na base do componente, foi aplicada pasta térmica (Implastec – Eletroquímica, Brasil) para otimização da dissipação do calor [31]. Os esquemas de montagem do LED verde encontram-se em Figura 14, Figura 15 e **Error! Reference source not found.**

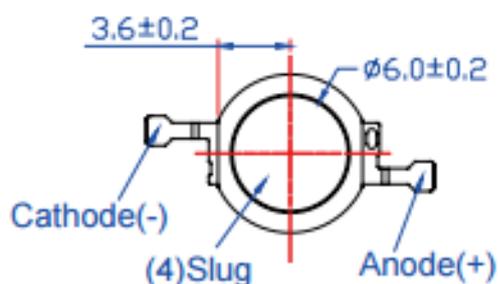


Figura 14: Esquema para soldagem do LED escolhido[31].

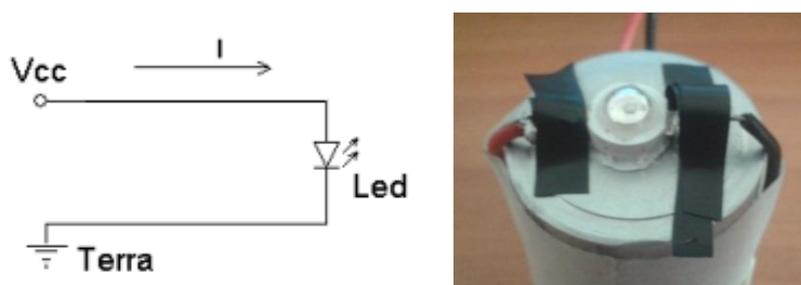


Figura 15: Esquema e foto do circuito montado.

5.3 Caracterização das Fontes de Luz e Gel Clareador

Para caracterização dos comprimentos de onda de emissão das fontes de luz empregadas neste trabalho, foi utilizado o espectrômetro USB-650 Red Tide Spectrometer (Ocean Optics, EUA). Tal mensuração foi efetuada em ambiente totalmente escuro, visando-se evitar interferência da luz ambiente. Uma vez que o LED foi aceso, a fibra óptica do equipamento foi mantida alinhada com o feixe de luz incidente, por meio de suportes ópticos, e assim obtida uma série de valores, que são capazes de classificar a luz em relação ao seu comprimento de onda de emissão (nm). A potência óptica emitida por cada um dos LEDs foi mensurada por um medidor de potência FieldMax II TOP e um sensor visível (Coherent, EUA), o qual foi posicionado a uma distância padronizada de 1 cm para aferição da potência óptica. A potência foi aferida antes da irradiação de cada amostra.

O gel clareador, por sua vez, foi caracterizado tanto em relação à curva de absorção do seu espessante na cor vermelha. Para a análise de absorbância, foi utilizado o espectrofotômetro (Biospectro SP-220, Brasil), sendo realizada uma varredura a partir de 425 nm até 650 nm, de 1 em 1 nm, englobando assim, as cores verde e azul, e também garantindo uma melhor visualização da curva do espectro de absorbância do gel clareador. (as leituras foram realizadas em triplicata). Antes de cada uma das medidas, o equipamento foi 'zerado' com uma amostra branca padronizada, composta de água destilada, mantida em cubeta de plástico de 10 mm de lado. A amostra estudada foi feita a partir de uma mistura de água destilada com uma gota pequena do espessante do gel clareador, o qual foi colocada em outra cubeta de plástico de 10 mm de lado.

5.4 Preparação de amostras de esmalte

Após aprovação do presente estudo pela Comissão de Ética em Uso de Animais da UFABC (CEUA-UFABC, Anexo 1), foram utilizados trinta dentes incisivos bovinos hígidos, os quais foram obtidos de animais com idade média

de três anos, e foram armazenados em água destilada à temperatura de +4°C até o início dos procedimentos. Com auxílio de disco de corte diamantado sob refrigeração, as raízes foram separadas das coroas a 2 mm da junção esmalte/cimento, de forma que apenas as coroas de esmalte íntegro foram mantidas. Após, as coroas foram embutidas em resina acrílica transparente empregando-se embutidora metalográfica (AROTEC – PRE30MI, Brasil), sendo mantida exposta apenas a superfície vestibular de cada amostra. Em seguida, a superfície vestibular foi planificada e polida com lixas abrasivas sob rotação e refrigeração #400, 600, 800, 1200 (AROPOL 2V200, Brasil).

Foram cortados, em fita adesiva, pequenos quadrados de 25mm² (5x5mm), que foram colocados sobre a superfície vestibular da amostra para confecção de janelas e em seguida, as mesmas foram isolados com esmalte preto cremoso e intenso (Colorama, Brasil), para que, após a retirada dessa fita, ficasse somente a janela com a superfície do dente exposta para análise.

Após, as amostras foram submetidas a um processo de escurecimento, sendo submersas em uma solução 50% de chá preto (Mate Leão, Brasil) e 50% de vinho tinto (Cava Negra Cabernet Sauvignon, Brasil). As amostras foram mantidas a 37°C em estufa durante sete dias [32]. Decorrido este tempo, as amostras foram lavadas com água corrente, imersas em cuba ultrassônica (Cristófoli, Brasil) por 15 minutos para se obter uma superfície livre de resíduos. Após, as amostras foram submetidas à profilaxia com ultrassom (Dabi Atlante, Brasil) e jato de bicarbonato, sendo novamente submetidas à lavagem em cuba ultrassônica.



Figura 16: Amostras embutidas.

5.5 Tratamentos

As amostras foram aleatoriamente distribuídas em três grupos experimentais, de 10 amostras cada, a saber:

- **Grupo 1:** As amostras receberam aplicação de gel clareador e não foram irradiadas.;
- **Grupo 2:** As amostras receberam aplicação de gel clareador e foram irradiadas com luz LED azul;
- **Grupo 3:** As amostras receberam aplicação de gel clareador e foram irradiadas com luz LED verde.

Em todos os grupos experimentais, as amostras receberam um gel de clareamento a base de Peróxido de Hidrogênio [35%] (Whiteness HP, FGM, Brasil), o qual foi misturado na proporção de 3 gotas de peróxido de hidrogênio para 1 gota de espessante, de acordo com as especificações do fabricante. O agente de clareamento Whiteness HP tem, em sua composição, peróxido de hidrogênio (35%), água, estabilizantes, corante vermelho, espessante, regulador de pH e surfactante, possuindo pH em torno de 6,62 (Figura 17 e Figura 18).

Para o clareamento, foi aplicada uma camada de 2mm de espessura de gel clareador na superfície do esmalte previamente seco. O controle da espessura do gel foi efetuado por meio de uma máscara de 1mm de espessura feita com cera tipo 7, a qual foi posicionada sobre as amostras previamente à inserção do gel. O procedimento para o clareamento foi de 1 minuto com a fonte de luz acesa, 2 minutos com ela apagada, ou seja, nos minutos 1 até 2, 4 até 5 e 7 até 8 com a fonte de luz acesa e o restante apagada, até totalizar 15 minutos. Esse procedimento foi realizado 3 vezes, totalizando 45 minutos de clareamento para cada amostra [33]. Após cada ciclo de tratamento, o gel foi removido das superfícies por meio de enxague com água deionizada por 1 minuto e secagem com papel absorvente. No grupo 1, o gel permaneceu sobre a superfície das amostras no mesmo padrão usado para os grupos anteriores (3 tempos de 15 minutos), porém não houve ativação por luz.



Figura 17: Agente clareador Whiteness HP (FGM, Brasil)



Figura 18: Mistura do peróxido de hidrogênio (35%) com o espessante vermelho, na proporção 3:1, conforme instruções do fabricante.

No grupo 2, a ativação do gel clareador foi feita usando-se dispositivo Whitening Lase II (DMC Equipamentos, Brasil), o qual possui 6 LEDs emissores de luz azul. Porém, para o experimento, foi utilizado somente um dos LEDs, comprimento de onda de 470 ± 10 nm e irradiância de 50 mW/cm^2 , (valor de potência obtido utilizando o medidor de potência FieldMax II TOP e um sensor), sendo os demais cobertos com fita isolante para que não interferissem na dose de luz recebida (Figura 19). Durante os procedimentos, tanto o dispositivo quanto as amostras foram mantidos estáticos, na qual a fonte de luz foi mantida a uma distância padronizada de 1 cm da amostra

visando-se uma aproximação com um procedimento clínico. A iluminação ambiente foi mantida constante e a mesma para todos os grupos experimentais.



Figura 19: Dispositivo Whitening Lase II (DMC Equipamentos, Brasil) durante o clareamento das amostras do presente estudo.

Já no grupo 3, a ativação do gel foi feita pela utilização do irradiador de LED verde, descrita no ítem 5.2. Cada amostra dos grupos 2 e 3 ficaram a 1 cm de distância da fonte de luz, o que foi assegurado com o auxílio de uma garra e um pedestal de laboratório (Figura 20 e Figura 21).



Figura 20: Distância da fonte de luz até às amostras.



Figura 21: Distância da fonte de luz até às amostras.

5.6 Análise da Cor

Para a tomada de cor, todas as amostras foram fotografadas em três momentos distintos: após polimento, após escurecimento e após tratamentos. As fotos foram tiradas com uma câmera digital Cyber-shot 8.1 mega pixels (Sony, Japão), com uma distância padronizada entre a lente da câmera e as amostras (aproximadamente 7 cm) (Figura 22), em um ambiente completamente escuro, a não ser pela iluminação padronizada feita por duas fitas de LEDs brancos, para que não fosse necessário o uso de *flash*.



Figura 22: Montagem para obtenção das fotos das amostras [34].

As imagens obtidas foram submetidas à análise qualitativa numa rotina pronta no software MATLAB, onde são upadas, em uma interface interativa, as fotos das amostras tratadas, ou seja, após o escurecimento e processo de clareamento, e de controle, que nada mais são do que as fotos das amostras após terem sido preparadas na embutidora e lixadeira, antes de serem escurecidas (Figura 23). Para selecionar a área de análise, foi escolhido um valor fixo de 200 pixels para todas as amostras, já que no geral essa era a maior área útil disponível para estudo, o que diminui desvio padrão dos dados obtidos. Após a seleção do tamanho da área em pixels, ele é posicionado no meio da melhor maneira possível sobre a janela do dente tratado na foto, e por fim pode ser apertado o botão 'calcular'. Em alguns segundos o valor do ΔE calculado pela rotina, aparece na janela.

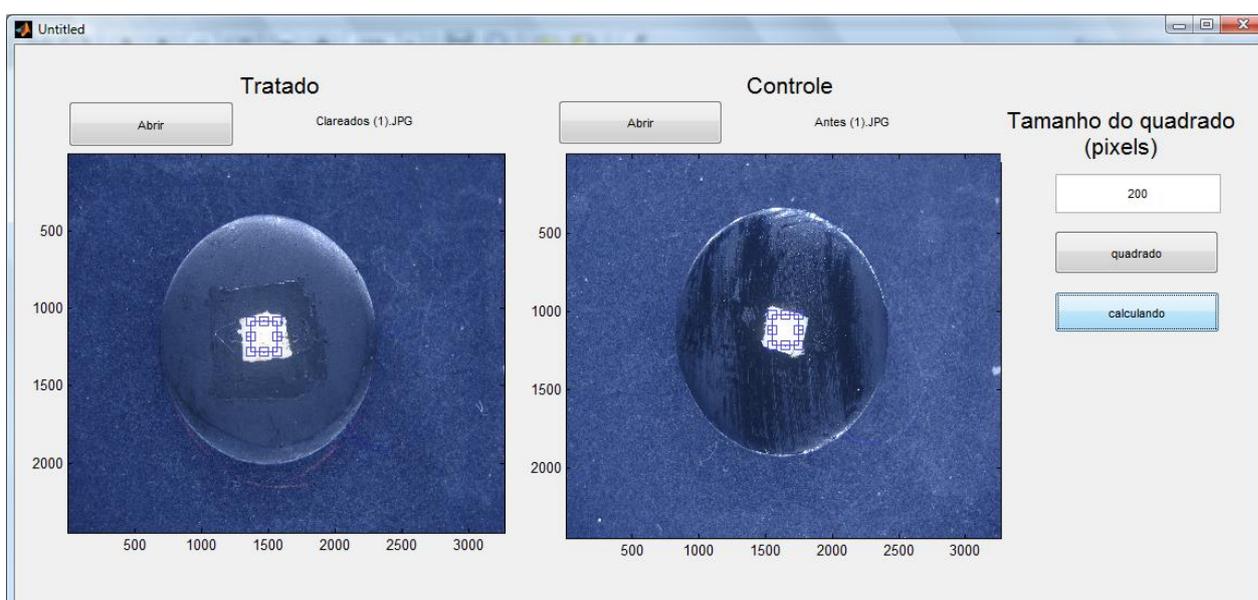


Figura 23: Interface da rotina MATLAB para o cálculo do ΔE .

5.7 Análise Estatística

A análise estatística foi realizada buscando-se comparar os efeitos dos tratamentos sob duas condições: comparando-se os efeitos do clareamento em relação às amostras em sua cor inicial (ΔE entre as amostras após clareamento e amostras antes do escurecimento) e os efeitos do clareamento em relação às

amostras após escurecimento (ΔE entre as amostras após clareamento e amostras após escurecimento).

Para tal, foram testadas as três suposições para análise de variância: a independência (garantida pela forma que o experimento foi executado), a normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e homogeneidade das variâncias (teste de Levene). Em seguida, foi executada a Análise de Variância seguida pelo teste *post-hoc* de Tukey, sendo todos os testes executados considerando 5% de significância estatística. As análises foram executadas utilizando o software BioStat 5.0. Para as análises, as amostras de esmalte foram consideradas como unidades experimentais, os tratamentos como fatores de variação e os valores de ΔE como variável resposta.

6 Resultados e Discussão

6.1 Caracterização das Fontes de Luz

A Figura 24 mostra o espectro de emissão da luz ambiente (luz escura) no momento da mensuração do comprimento de onda das fontes de luz empregadas neste trabalho. Pode-se observar uma pequena intensidade de luz, com ausência de picos e bandas bem definidos, sendo caracterizado como um espectro de ruído. Desta forma, infere-se que a luz ambiente pouco ou não influenciou na tomada dos espectros referentes às fontes de luz empregadas para o processo de clareamento dental.

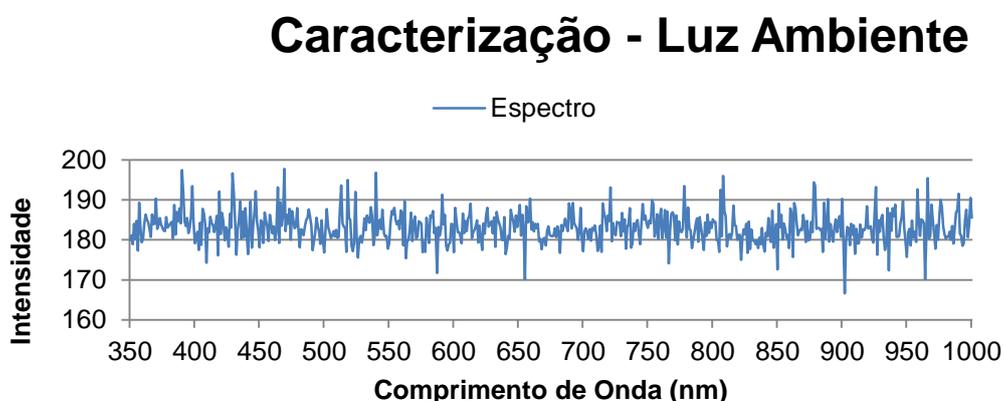


Figura 24: Caracterização da luz ambiente em relação ao comprimento de onda de emissão.

As fotografias de todas as amostras em cada momento do experimento foram tomadas em ambiente com iluminação padronizada, criada por meio de fitas de LEDs brancos.

A luz branca desse tipo de LED provém a partir de LED azul + fósforo, onde a emissão azul se torna amarela por conta da capa de fósforo no chip e na parte superior do refletor, e com a mistura da cor azul com a amarela, é originada a luz branca [35]. Portanto, seu espectro de emissão contém a junção dessas duas cores, formando dois picos bem definidos, o que pode ser visualizado tanto na imagem de referência (Figura 25) quanto na obtida pela análise dos dados obtidos em laboratório (Figura 26).

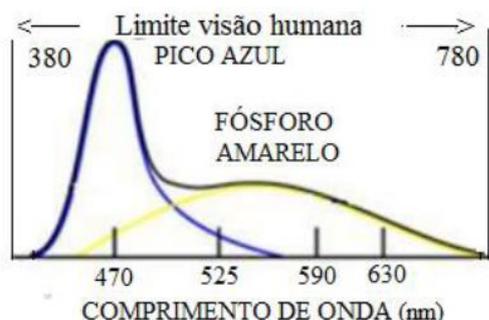


Figura 25: Espectro do LED azul + fósforo, resultando na luz branca [35].

Caracterização - LED Branco

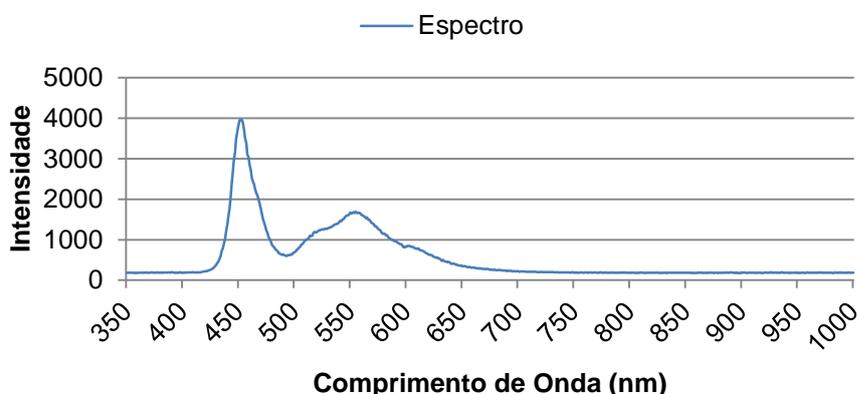


Figura 26: Caracterização da LED Branco em relação ao seu comprimento de onda de emissão.

Na Figura 27, observa-se o espectro de emissão do LED azul empregado neste trabalho. É possível notar um pico de emissão centrado em 454 nm, e largura de banda entre 440 e 490 nm. Tais valores condizem com o especificado no manual do fabricante do equipamento (DMC Equipamentos, Brasil), onde consta LED de comprimento de onda faixa de 440-485nm.

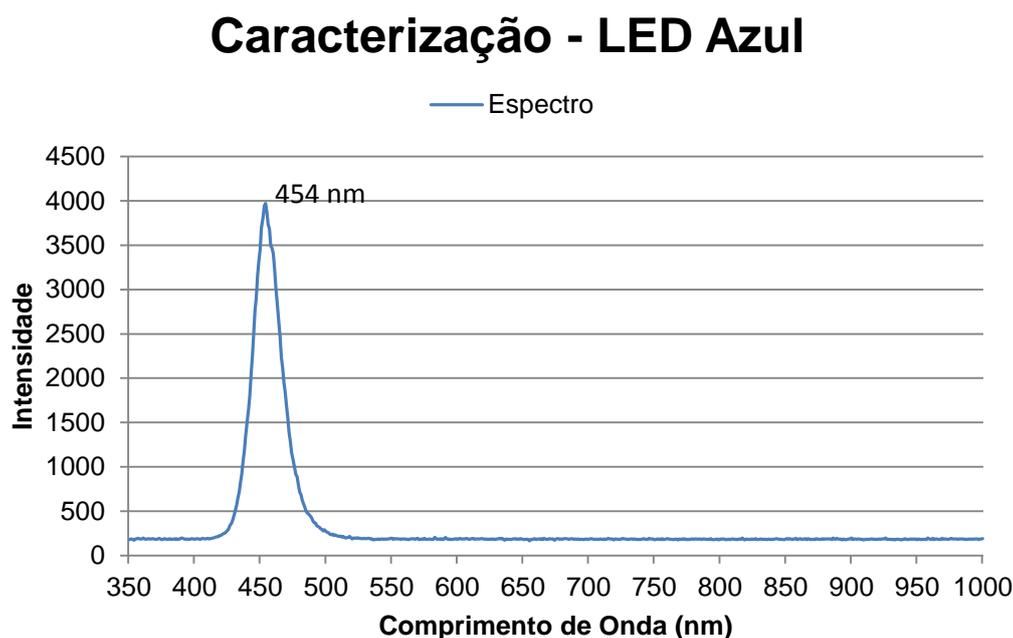


Figura 27: Caracterização da LED Azul em relação ao seu comprimento de onda de emissão.

A Figura 28 evidencia o comprimento de onda de emissão do LED verde, em que se observa um pico em 518 nm, com largura de banda entre 440 a 580 nm. Tais valores estão bem próximos com o especificado no *datasheet* do LED (Figura 29), no qual consta o comprimento de onda de emissão entre 500-565 nm. Analisando o gráfico da Figura 28, é possível ver que o LED verde utilizado para montagem da lanterna (EDISON Opto Corporation, Taiwan), possui uma faixa mais larga do que em relação ao azul (Figura 27), mas como no *datasheet* do componente é possível observar que sua faixa é realmente mais

larga, fica atestado o bom funcionamento e acurácia do dispositivo, em relação ao seu comprimento de onda e portanto, de sua cor.

Caracterização - LED Verde

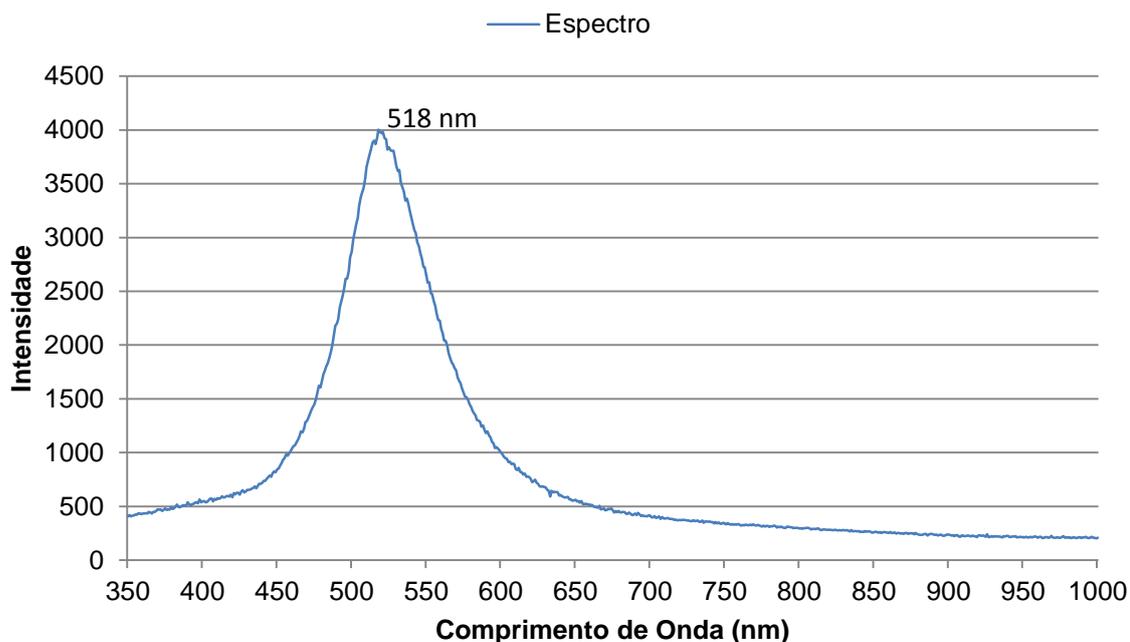


Figura 28: Caracterização da LED Verde em relação ao seu comprimento de onda de emissão.

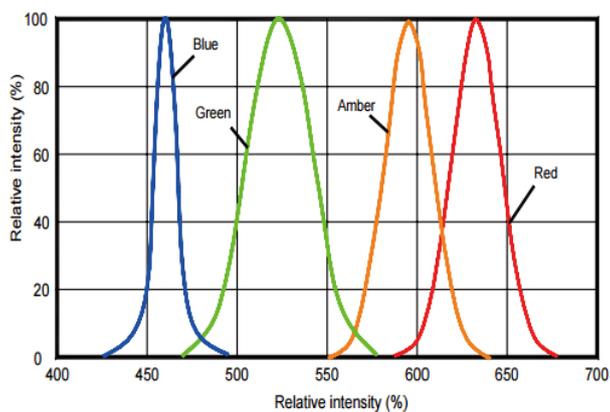


Figura 29: Comprimento de onda teórico disponível no *datasheet* do LED Verde utilizado na montagem do irradiador [31].

6.2 Caracterização do Gel Clareador

Na Figura 30 está ilustrada a curva média de absorvância, e o respectivo erro padrão do espessante do gel clareador utilizado no experimento (Whiteness HP, FGM, Brasil), o qual confere a cor do gel em si. Analisando o gráfico obtido, é possível observar que o pico máximo de absorção do gel é no valor de 513 nm, e portanto caracterizando uma melhor absorção na região do espectro na cor verde (440 a 580 nm) do que em relação ao da cor azul (440 e 490 nm), que é a cor de LED comumente utilizada em tratamentos de clareamento *in-office*. Portanto, para o clareamento ocorrer de maneira mais eficiente em menor tempo, minimizando danos aos tecidos adjacentes, é necessário utilizar uma luz que realmente seja absorvida pelo espessante, sendo assim, o LED que teria melhor performance, sem dúvida alguma, seria o verde, uma vez que seu pico de maior intensidade está no comprimento de onda de 518 nm (Figura 28), e o azul em 454 nm (Figura 27).

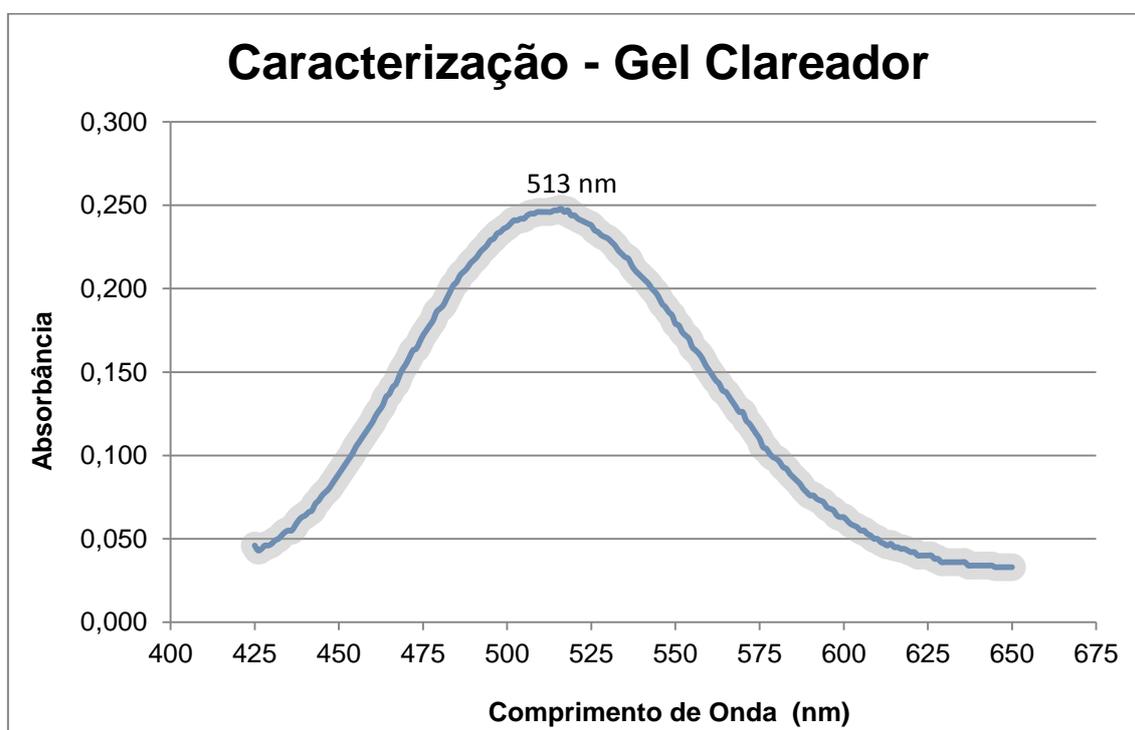


Figura 30: Curva média de absorção do espessante do gel clareador empregado neste trabalho. As barras indicam o erro padrão.

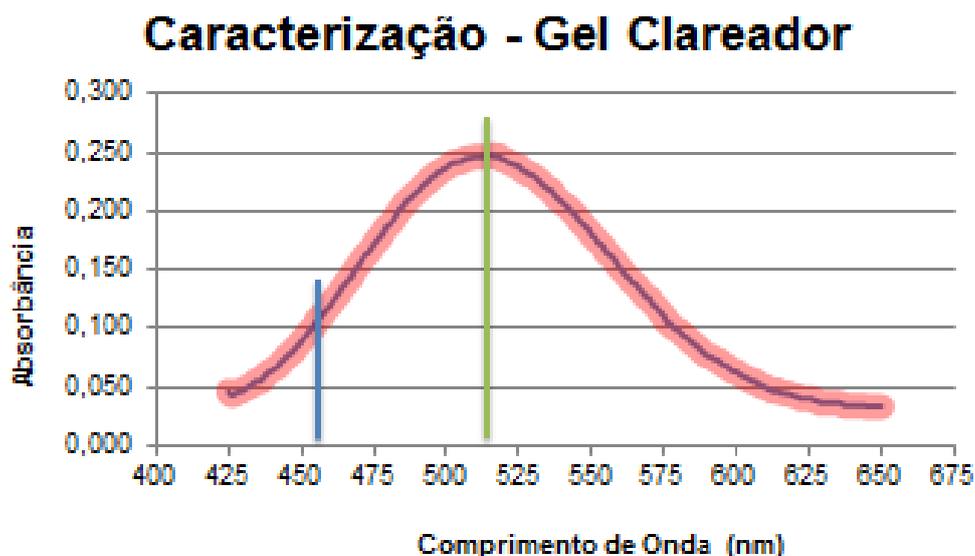


Figura 31: Comparação dos comprimentos de onda do LED verde e LED azul em relação à curva de absorção do espessante vermelho do gel clareador.

6.3 Análise da alteração de cor pós clareamento

A Tabela 1 e a Figura 32 mostram os valores médios de ΔE , com seus respectivos valores de desvio padrão, de todos os grupos experimentais, antes do escurecimento e após o clareamento. A comparação entre os grupos por ANOVA evidenciou um valor de $p = 0,15$, ou seja, não houve diferença estatisticamente significativa entre os diferentes tratamentos.

Tabela 1: Média dos valores de ΔE , e respectivos valores de desvio padrão, obtidos na comparação entre as amostras antes do escurecimento e depois do clareamento, de todos os grupos estudados.

Média e Desvio Padrão do ΔE por Grupo Experimental	
Grupo 1 (Sem Luz)	$3,4094 \pm 1,7339$
Grupo 2 (ativado com LED Azul)	$3,0262 \pm 1,6684$
Grupo 3 (ativado com LED Verde)	$2,1936 \pm 1,5077$

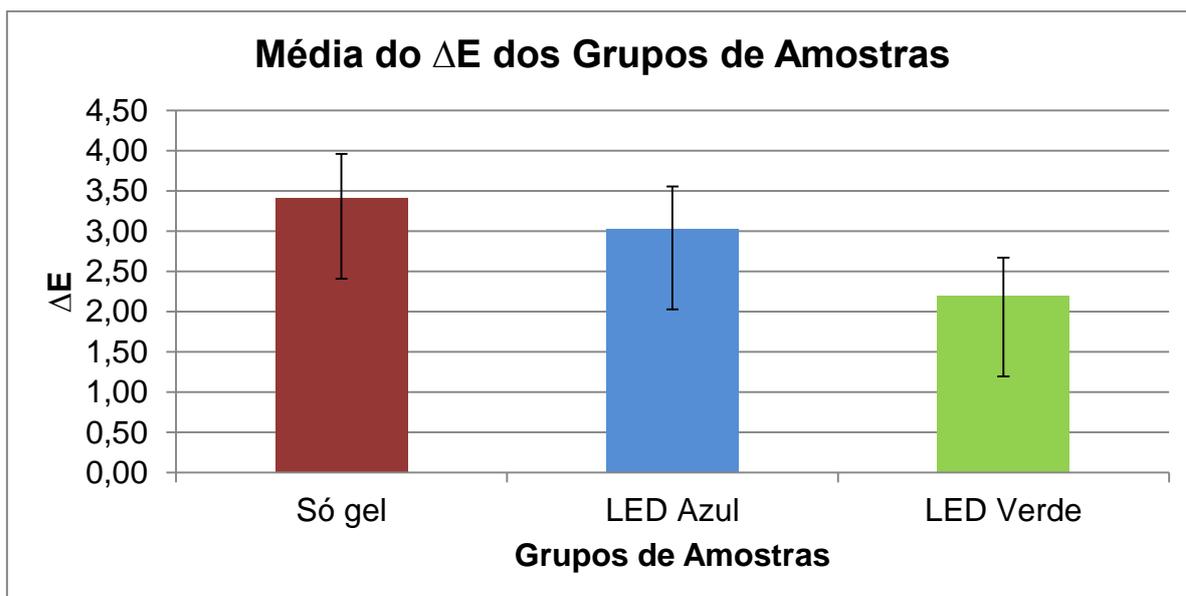


Figura 32: Média dos valores de ΔE obtidos na comparação das amostras antes do escurecimento e depois do clareamento, de todos os grupos estudados. As barras indicam erro padrão.

Pode-se observar, pelos dados obtidos, que os valores de ΔE encontram-se maiores de 1 para todos os grupos de tratamento, o que indica que a alteração de cor promovida, por todos os tratamentos testados, é perceptível pelo olho humano [17][36]. Desta maneira, observa-se que todos os tratamentos foram efetivos para clarear as amostras. Contudo, observa-se que o grupo 1 (o qual não foi irradiado) foi o único que apresentou valor médio de ΔE acima de 3,3, o que evidencia que a alteração de cor promovida neste grupo, mesmo depois do clareamento, encontra-se em um nível considerado “inaceitável” pela literatura [36], ou seja, mesmo após o procedimento de clareamento, a cor final ainda é muito diferente da cor inicial do dente, mesmo antes de manchá-lo. Desta forma, extrapolando-se estes resultados para um ambiente clínico, os dentes do grupo 1 deveriam ainda receber uma nova sessão de clareamento para que chegassem a uma cor próxima à inicial, isto é, antes do manchamento. Em ambos os grupos irradiados, observa-se que os valores médios de ΔE não ultrapassaram o valor de 3,3, ou seja, nestes grupos, embora a alteração de cor após clareamento seja perceptível pelo olho

humano, essa alteração ainda é aceitável, de forma que, provavelmente, não seria indicada uma nova sessão de clareamento.

Embora não tenha havido diferença estatisticamente significativa entre os grupos experimentais, evidenciou-se uma tendência na qual os grupos irradiados apresentaram menores valores médios de ΔE em comparação com o grupo que não recebeu irradiação. Destes, o grupo irradiado com LED verde foi o que apresentou menor valor de ΔE , ou seja, é o que apresentou cor mais próxima do valor inicial, sem manchamento. De acordo com o gráfico de absorbância do gel e dos valores obtidos com a análise do valor de ΔE , era esperado que o LED de melhor performance fosse o verde (absorção dada por conta de onda eletromagnética incidente realizar conversão de parte da luz em calor e outra em vibração das moléculas do material incidido [25]). É possível inferir, que o uso do LED verde pode aumentar a eficácia do processo de clareamento em relação ao LED azul, quando utilizados no mesmo intervalo de tempo. O teste com diferentes tipos de fonte de luz, para comparação de sua eficácia já foi realizado anteriormente [18][6], mostrando que quando são utilizadas, realmente o clareamento é muito mais efetivo, por conta da catalização da reação de oxidação do peróxido de hidrogênio na presença de moléculas de manchamento na superfície do dente, assim como os resultados encontrados no presente estudo.

A Tabela 2 e a Figura 33 evidenciam os valores médios de ΔE obtidos na comparação entre as amostras após escurecimento e após clareamento. Da mesma forma que observado anteriormente, a análise estatística não evidenciou diferença significativa na comparação entre os grupos experimentais, sendo obtido o valor de $p = 0,76$. Desta forma, infere-se que todos os tratamentos propostos propiciaram mudanças de cor da mesma magnitude.

Os valores de ΔE obtidos na comparação entre as amostras clareadas e amostras após escurecimento foram sempre maiores que 3,3 para todos os grupos experimentais, o que significa que todas as alterações promovidas foram fortemente perceptíveis ao olho humano. Considerando que estes dados

referem-se à comparação entre amostras já manchadas e depois clareadas, este fato implica que todos os tratamentos propostos foram capazes de alterar significativamente a cor dos dentes, removendo, desta forma, grande parte da pigmentação extrínseca promovida pelo vinho tinto e chá preto. De fato, este fenômeno foi executado pelo próprio princípio ativo do gel, o que independeu da fotoativação. O processo básico de clareamento é basicamente pela oxidação (processo químico onde materiais orgânicos são convertidos em CO_2 e H_2O , que são liberados com oxigênio nascente) dos pigmentos presentes no dente, que por sua vez são compostos por inúmeras moléculas de carbono. Com o uso do clareador, essas cadeias grandes, são convertidas em cadeias menores que por sua vez, são mais claras (a reação altera o tipo, número e posição dos átomos presentes na molécula [37]).

Tabela 2: Média dos valores de ΔE , e respectivos valores de desvio padrão, obtidos na comparação entre as amostras após o escurecimento e depois do clareamento, de todos os grupos estudados.

Média e Desvio Padrão do ΔE por Grupo experimental	
Grupo 1 (sem luz)	4,0549 \pm 1,3386
Grupo 2 (ativado com LED Azul)	4,0826 \pm 1,5942
Grupo 3 (ativado com LED Verde)	3,8918 \pm 2,1488

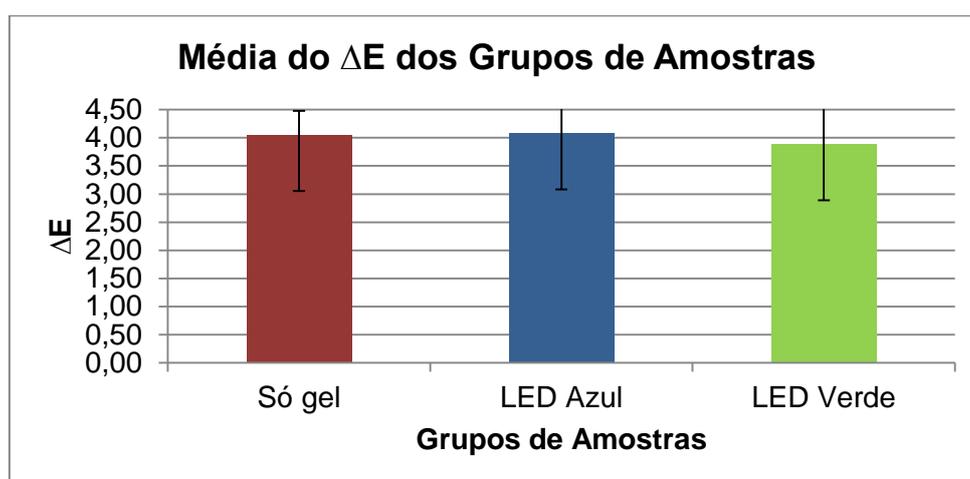


Figura 33: Média dos valores de ΔE obtidos na comparação das amostras após o escurecimento e depois do clareamento, de todos os grupos estudados. As barras indicam erro padrão.

Por meio dos valores de desvio-padrão apresentados nas Tabelas 1 e 2, é possível observar que há grande variação nos valores de ΔE de um mesmo grupo experimental. Essas variações devem-se, provavelmente, ao fato de que nem todos os dentes eram provenientes do mesmo animal, podendo ocasionar algumas diferenças em sua composição química as quais podem interferir na maneira como o tecido biológico difere na resposta ao clareamento. Mesmo assim, a média calculada do conjunto de valores encontra-se dentro do esperado e observado nos estudos da literatura [17][36].

Dito isso, é possível afirmar que, quanto mais próximo de 1 o valor de ΔE , na comparação de duas cores, maior é a proximidade entre elas. Então, observando os valores da Tabela 1, nota-se que o conjunto de amostras que possui a cor pós-clareamento mais próxima de sua cor original foi o grupo irradiado com o LED verde, sendo seguido pelo grupo irradiado com o LED azul e, por último, o grupo que não foi irradiado.

A vantagem do uso do LED verde, com certeza é a redução dos efeitos colaterais do contato do peróxido de hidrogênio com o tecido de dentes e gengivas, uma vez que o período de contato entre eles pode ser diminuído, obtendo o mesmo resultado satisfatório de clareamento. Isso é um ganho considerável para o paciente, que terá uma menor chance de desenvolver sensibilidade nos dentes [6].

Os próximos passos para a melhoria e refinamento do teste, seriam a utilização de dentes humanos, e o aumento da quantidade de amostras, isso possibilitaria uma conclusão mais assertiva, já que um número maior de resultados está mais próximo da ocorrência de uma probabilidade real.

7 Conclusão

De acordo com a metodologia empregada e os resultados obtidos no presente estudo, conclui-se que é possível desenvolver um aparato de baixo custo, utilizando-se um LED verde, que possibilite a irradiação de um gel clareador à base de peróxido de hidrogênio com espessante vermelho. Embora os efeitos promovidos pelo uso da luz não diferem dos obtidos no uso

do gel clareador na ausência de luz, a irradiação do gel clareador com luz absorvida pelo espessante proporciona o retorno da cor do dente de forma próxima à sua cor original.

8 Referências Bibliográficas

[1] ROSA, E. R. Avaliação clínica da sensibilidade e efetividade do clareamento em consultório de dentes polpados, com e sem emprego de fonte de luz; controle de 12 meses. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia de Bauru. 2012.

[2] Joiner, A. Tooth colour: a review of the literature. Unilever Oral Care. Quarry Road East. Bebington. 2003.

[3] Riehl, H. Estudo in vitro do efeito de três diferentes agentes clareadores sobre a dureza e rugosidade do esmalte dentário bovino. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia de Bauru. 2002.

[4] Francci, C. Clareamento dental – Técnicas e conceitos atuais. Revisão de literatura. Revista da Associação Paulista de Cirurgiões Dentistas. Edição 1. Pág 78-89. 2010.

[5] Andrade, A. P. Monitoramento do processo de desmineralização de remineralização do esmalte dental humano durante e após o clareamento dental. Tese de Doutorado. Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2009.

[6] Maia, A. C. L.; Catão, M. H. C. V. Clareamento Dental Laser (470nm) e LED com Peróxido de Hidrogênio. Revista Brasileira de Ciências da Saúde. Vol 14. Nº 1. Pág 99-108. 2010.

[7] Bachmann, L. Estrutura e Composição do Esmalte e da Dentina Tratados Termicamente ou Irradiados com Lasers Emissores no Infravermelho. Tese de Doutorado. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares- IPEN. São Paulo. 2004.

[8] ANA, P.A. Estudos In Vitro da Resistência à Desmineralização e da Retenção de Flúor em Esmalte Dental Irradiado com Laser de Er, Cr: YSGG. Tese de Doutorado. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares- IPEN. São Paulo. 2007.

[9] Satori, L. Avaliação das Mudanças químicas e morfológicas promovidas por laser de Er,Cr:YSGG para inibição da erosão dentária. Trabalho de Graduação. Centro de Engenharias, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas – CECS. Universidade Federal do ABC. Santo André. 2011.

[10] Pécora, J. D. Complexo dentina-polpa. Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2004.

[11] Michael Newman, Henry Takei, Fermín Carranza. Periodontología Clínica. 9ª Edição. Editora McGraw-Hill Interamericana. 2004.

[12] Manchas nos dentes. Procter & Gamble do Brasil. São Paulo - São Paulo. 2015. Disponível em: <<http://www.oralb.com/brazil/artigos-cuidado-bucal/manchas-nos-dientes.aspx>>

[13] Faruk, E. R.; Deveci, E.; Kalkan, S.; Deveci, B. The Effects of Nicotine on the Incisive Teeth and Expression of Vimentin in Rats. Int. J. Morphol – Chile. Vol 31. Num 2. Pag 516-519. 2013.

[14] Pirolo, R.; Mondelli, R. F. L.; Correr, G. M.; Gonzaga, C. C.; Furuse, A. Y. Effect of coffee and cola-based soft drink on the color stability of bleached bovine incisors considering the time elapsed after bleaching. Journal of Applied Oral Science – EUA. Vol 22. Num 6. Pag 534-540. 2014.

[15] Caballero, A. B.; Navarro, L. N.; Lorenzo, J. A. Blanqueamiento vital domiciliario: comparación de tratamientos con peróxido de hidrógeno y peróxido de carbamina. Med Oral Patol Oral Cir Bucal - Espanha. Vol 11. Pag 94-99. 2005.

[16] Tooth Whitening/Bleaching: Treatment Considerations for Dentists and Their Patients. American Dental Association Council on Scientific Affairs – America’s leading advocate for oral health. September 2009.

[17] Cal E, Güneri P, Kose T. Comparison of digital and spectrophotometric measurements of colour shade guides. Journal of Oral Rehabilitation. nº 33, pg. 221-228. 2006.

[18] Gioia, T. Avaliação de quatro técnicas de clareamento para dentes não vitalizados: hi-lite ativado por luz halógena, peróxido de hidrogênio ativado por laser de argônio, peróxido de hidrogênio ativado por espátula aquecida e “walking bleach” – estudo, in vitro, em dentes bovinos. Dissertação de

Mestrado. Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2000.

[19] Dominguez, M. A. A. Influence of the light source and bleaching gel on the efficacy of the tooth whitening process. Department of Laser Chemistry. Madrid. 2011.

[20] Coutinho, D. S. Comparison of temperature increase in vitro human tooth pulp by different light sources in the dental whitening process. Universidade do Vale do Paraíba. São José dos Campos. 2008.

[21] Dourado, K. B. V. LEDterapia. Centro Universitário Ítalo Brasileiro. São Paulo. Pag 231-248. Vol 15. Nº 6. 2011.

[22] Pinto, R. A. Projeto e implementação de lâmpadas para iluminação de interiores empregando diodos emissores de luz (LEDs). Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2008.

[23] Peddinti, V. K. Light Emitting Diodes (LEDs). The University of Rhode Island. Kingston. 2008.

[24] Moreira, M. C. Utilização de conversores eletrônicos que alimentam LEDs de alto brilho na aplicação em tecido humano e sua interação terapêutica. Centro de Tecnologia – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2009.

[25] Niemz, Markolf H. Laser-Tissue Interactions, Fundamentals and Applications. 3ª edição. Leipzig, Germany. Springer, 2007. 305 p.

[26] Junior, W. S. Contribuição para o estudo da influência da espessura, cor, opacidade e marca comercial das porcelanas feldspáticas na propagação da luz visível na propagação da luz visível, através da Teoria de Kubelka Munk e suas implicações na odontologia, para os intervalos de comprimento de onda 410-500nm e de 410-700nm. 2009. 249 f. Tese (Pós-Graduação em Odontologia) – Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2009.

[27] Sommers, M.; Becham, B.; Baker, R.; Fargo, J. Intra- and inter-rater of digital image analysis for color measurement. NIH Public Access. Skin Res Technol. v. 19, n. 4, p. 484-491. November, 2013

[28] Color Models – CIELAB. In Adobe, Technical Guides – Adobe Systems Incorporated. 2000. Acesso em 15/03/2015. Disponível: <http://dba.med.sc.edu/price/irf/Adobe_tg/models/cielab.html>

[29] Everton da Silva Neiro, Marcos Rafael Nanni, Franciele Romagnoli, Rafael Moreno Campos, Everson Cezar, Marcelo Luis Chicati, Roney Berti de Oliveira. Análise de cor de para discriminação de seis variedades de cana-de-açúcar em quatro épocas de colheita no ano. In Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE. pg 274-281.

[30] ABC das Cores – Compreensão da Cadeia de Fornecimento de Cores. Foster City, CA, 94404. EFI – Print to Win. Electronics for Imaging, 2009. 34 p.

[31] Edixeon A Series Datasheet, High Power LEDs. EDISON Opto Corporation, Lightning Design Manufacturing Service. Versão 7. 2011.

[32] Kielbassa, A. M.; Beheim-Schwarzbach, N. J.; Neumann, K.; Zantner, C. In vitro comparison of visual and computer –aided pre- and post-tooth shade determination using various home bleaching procedures. The Journal of Prosthetic Dentistry. Mainz - Germany, Vol 101, 2009.

[33] S. O. Parreiras; P. Vianna; S. Kossatz; A. D. Loguercio; A, Reis. Effects of Light Activated In-Office Bleaching on Permeability, Microhardness, and Mineral Content of Enamel. Operative Dentistry, Vol 39-5. Pag 225-230. 2014.

[34] Juraski, A. Análise da estrutura de cor de cerâmicas coloridas de zircônias estabilizada com ítria 2014. 27 f. Relatório Final do Projeto de PIC UFABC, UFABC, Santo André, São Paulo, 2014.

[35] Sales, R. P. LED, O novo paradigma da iluminação pública. 2011. 117 f. Tese (Mestrado em Desenvolvimento de Tecnologia) – Instituto de Engenharia do Paraná. Curitiba. 2011.

[36] Holdschip, R. Influência dos sistemas de gerenciamento de cores em provas digitais. 2008. 123 f. Tese (Mestrando em Desenho Industrial) – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”. Bauru. 2008.

[37] Mandarino, F. Clareamento Dental. Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto – Universidade de São Paulo. 2003. Acesso em 10/07/2015. Disponível: <http://www.forp.usp.br/restauradora/dentistica/tema/clar_dent.pdf>

9 Anexo 1



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Fundação Universidade Federal do ABC
Comissão de Ética em Uso de Animais
Rua Cataguases, 242, 8º andar - Bairro Jardim - Santo André - SP
CEP 09090-400 - Fone: (11) 4437.8424
ceua@ufabc.edu.br

CERTIFICADO

Certificamos que o protocolo do Projeto de Pesquisa intitulado: "Avaliação da eficácia de um LED verde sobre o processo de clareamento dental *in-office*", protocolado sob o nº 012/2015, sob a responsabilidade da Profa. Dra. Patricia Aparecida da Ana está de acordo com os princípios éticos de experimentação animal da "Comissão de Ética em uso de animais" da Universidade Federal do ABC e foi aprovado em reunião de 30 de março de 2015.

We certify that the research "Evaluation of the efficacy of a green LED on in-office dental bleaching process", protocol number 012/2015, under the responsibility Profa. Dra. Patricia Aparecida da Ana, agree with Ethical Principles in Animal Research adopted by "Ethic Committee in the use of animals" of Universidade Federal do ABC and was approved in the meeting of day March 30, 2015.

Santo André-SP, 06 de abril de 2015.

Profa. Dra. Renata Simões
Coordenadora da CEUA - UFABC