



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM**  
**ENGENHARIA MECÂNICA**

**ANÁLISE DO COMPORTAMENTO TÉRMICO E ÓPTICO DE**  
**DOIS CLAREADORES DENTAIS QUANDO IRRADIADOS**  
**POR DIFERENTES COMPRIMENTOS DE ONDA**  
**NO ESPECTRO VISÍVEL**

**MARCUS VINICIUS LUCAS FERREIRA**

**Belo Horizonte 24 de março de 2006**

Marcus Vinicius Lucas Ferreira

**ANÁLISE DO COMPORTAMENTO TÉRMICO E ÓPTICO DE  
DOIS CLAREADORES DENTAIS QUANDO IRRADIADOS  
POR DIFERENTES COMPRIMENTOS DE ONDA  
NO ESPECTRO VISÍVEL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação  
em Engenharia Mecânica da Universidade Federal  
de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção  
do título de Doutor em Engenharia Mecânica.

Área de concentração: Calor e Fluidos

Orientador: Prof. Dr. Marcos Pinotti Barbosa

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2006

## DEDICATÓRIA

Ao Meu Deus, JEOVÁ NISSI,  
O Deus Todo Poderoso  
Único digno de todo o Louvor!  
O Senhor é a minha Bandeira!

A minha querida esposa Vanêssa, jóia da minha juventude,  
pelo amor sempre presente e pela amizade indissolúvel.  
Te amo!

Ao meu amado pai, pela sabedoria e força.

A minha amada mãe, mulher virtuosa e  
exemplo de profissional.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Professor Dr. Marcos Pinotti pela inigualável orientação e acima de tudo pela amizade e carinho que nunca se afastarão da minha alma e coração.

Ao Professor Dr. Roberto Márcio pelo apoio despendido durante o curso de doutorado.

Aos colegas de doutorado, Lívio, Gerdal e José Cláudio, pelo fortalecimento dos laços de amizade.

A MSc. Sônia Lucas pela ajuda com os espectros de absorção.

A Patrícia Alves pelo auxílio na tradução.

A FGM, na pessoa de seu presidente e demais funcionários pelo fornecimento dos géis clareadores.

A Toshiba pelos LEDs cedidos.

Ao Mauricio Ferrari pela ajuda com a bancada de testes.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	06
LISTA DE TABELAS	07
LISTA DE GRÁFICOS	09
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	12
RESUMO	14
1. INTRODUÇÃO	15
2. PROPOSIÇÃO	18
3. CLAREAMENTO DENTAL	19
3.1 Histórico	19
3.2 Cor	19
3.3 Escurecimento Dental	20
3.4 Técnicas de Clareamento Dental	22
3.5 Peróxido de Hidrogênio	26
3.6 Aumento de Temperatura	28
3.6.1 Propriedades Termofísicas de Esmalte e Dentina	30
3.6.2 Transferência de Calor	33
3.6.2.1 Radiação	33
4. LED	37
4.1 Definição	37
4.2 Constituição e Operação do LED	38
4.3 LED de Alta intensidade	40
4.4 Propriedades da radiação emitida por um LED	41
4.5 Aplicações em Odontologia	41
5. METODOLOGIA	45
5.1 Clareador Dental	47
5.2 Análise Térmica	49
5.3 Análise Óptica	51
5.4 Dados Complementares - Espectrografia dos Componentes	

dos Clareadores Dentais.	54
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
6.1 Espectros de Absorção	57
6.2 Perfil de Transmissão	58
6.3 Variação de Temperatura no Interior do Gel	66
6.4 Análise Estatística	75
6.4.1 Transmissão de Luz	76
6.4.2 Temperatura do Gel	87
6.5 Considerações Finais	92
7 CONCLUSÕES	102
8 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	103
ABSTRACT	104
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105
ANEXO A - LASER	113
ANEXO B - MÉDIA DOS VALORES OBTIDOS NAS LEITURAS DE TRANSMISSÃO DOS DIVERSOS COMPRIMENTOS DE ONDA ATRAVÉS DOS GÉIS CLAREADORES	121
ANEXO C - MÉDIA DOS VALORES OBTIDOS NAS LEITURAS DE VARIAÇÃO DE TEMPERATURA NO GEL WHITENESS HP E WHITENESS HP MAXX IRRADIADO POR DIFERENTES COMPRIMENTOS DE ONDA	128
ANEXO D - DEPÓSITO DE REGISTRO DE MODELO DE UTILIDADE	130

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – GEL CLAREADOR SENDO COLOCADO EM MOLDEIRA BUCAL.	22
FIGURA 2 – ASPECTO DOS DENTES ANTES (À ESQUERDA) E DEPOIS (À DIREITA) DO CLAREAMENTO REALIZADO EM CONSULTÓRIO	23
FIGURA 3 – FOTOATIVADOR CONVENCIONAL	24
FIGURA 4 – EQUIPAMENTO DE ARCO DE PLASMA	24
FIGURA 5 – LASER DE ARGÔNIO	24
FIGURA 6 – LASER DE DIODO	25
FIGURA 7 – FONTE HÍBRIDA DE LUZ	26
FIGURA 8 – REPRESENTAÇÃO SIMPLIFICADA DA TRANSMISSÃO DA RADIÇÃO INCIDENTE ATRAVÉS DO GEL CLAREADOR	34
FIGURA 9 – LED QUE EMITE LUZ AZUL	37
FIGURA 10 – REPRESENTAÇÃO DE UM LED	39
FIGURA 11 – MICROCHIP DO LED	40
FIGURA 12 – BANCADA DE TESTES MONTADA NA MATRIZ DE CONTATO	46
FIGURA 13 – UNIDADE DE LEITURA DE POTÊNCIA LUMINOSA	46
FIGURA 14 – DETALHE DO FOTODIODO	47
FIGURA 15 – WHITENESS HP E WHITENESS HP MAXX	48
FIGURA 16 – PROCESSO DE REAÇÃO QUÍMICA DO WHITENESS HP	48
FIGURA 17 – PROCESSO DE REAÇÃO QUÍMICA DO WHITENESS HP MAXX	49
FIGURA 18 – BANCADA DE TESTE PARA ANÁLISE TÉRMICA	49
FIGURA 19 – DETALHE DA BANCADA DE TESTES TÉRMICOS	50
FIGURA 20 – LDR	51
FIGURA 21 – ENCAIXE DO LED NA PARTE SUPERIOR DA CÂMARA DE TESTE	52
FIGURA 22 – PARTE INTERNA DA CÂMARA DE TESTE	53
FIGURA 23 – ACOPLAMENTO DA CÂMARA DE TESTE	53

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – CONDUTIVIDADE TÉRMICA DA DENTINA	32
TABELA 2 – CONDUTIVIDADE TÉRMICA DO ESMALTE	32
TABELA 3 – DIFUSIVIDADE TÉRMICA DA DENTINA	32
TABELA 4 – DIFUSIVIDADE TÉRMICA DO ESMALTE	32
TABELA 5 – ESPECIFICAÇÃO DOS LEDS UTILIZADOS NO EXPERIMENTO	45
TABELA 6 – VARIAÇÃO DA TEMPERATURA NO GEL WHITENESS HP E WHITENESS HP MAXX	66
TABELA 7 – VARIAÇÃO DA TEMPERATURA NO GEL WHITENESS HP QUANDO IRRADIADO POR DIFERENTES COMPRIMENTOS DE ONDA	66
TABELA 8 – VARIAÇÃO DA TEMPERATURA NO GEL WHITENESS HP MAXX QUANDO IRRADIADO POR DIFERENTES COMPRIMENTOS DE ONDA.	67
TABELA 9 MEDIDAS DESCRITIVAS DA VARIÁVEL TRANSMISSÃO DE LUZ CONSIDERANDO O GEL, COR E TEMPO DE ACOMPANHAMENTO	77
TABELA 10 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA IDENTIFICAR OS FATORES QUE INFLUENCIAM A TRANSMISSÃO DE LUZ	79
TABELA 11 – ANÁLISE COMPARATIVA DA VARIÁVEL TRANSMISSÃO DE LUZ ENTRE OS TEMPOS DE ACOMPANHAMENTO CONSIDERANDO-SE O GEL E A COR	81
TABELA 12 – ANÁLISE COMPARATIVA DA VARIÁVEL TRANSMISSÃO DE LUZ ENTRE AS CORES CONSIDERANDO-SE O GEL E O TEMPO DE ACOMPANHAMENTO	82
TABELA 13 – ANÁLISE COMPARATIVA DA VARIÁVEL TRANSMISSÃO DE LUZ ENTRE OS GÉIS CONSIDERANDO-SE A COR E O TEMPO DE ACOMPANHAMENTO	86



TABELA 14 – MEDIDAS DESCRITIVAS DA VARIÁVEL TEMPERATURA DO GEL CONSIDERANDO O GEL, COR E TEMPO DE ACOMPANHAMENTO	87
TABELA 15 – ANÁLISE COMPARATIVA DA VARIÁVEL TEMPERATURA DO GEL ENTRE OS TEMPOS DE ACOMPANHAMENTO E ENTRE AS CORES	89
TABELA 16 – ANÁLISE COMPARATIVA DA VARIÁVEL TEMPERATURA DO GEL ENTRE OS GÉIS	91

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - PERFIL DE ABSORÇÃO DO PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO E DO PIGMENTO ROXO CONTIDO NO WHITENESS HP E WHITENESS HP MAXX	57
GRÁFICO 2 – TRANSMISSÃO DA LUZ AZUL ATRAVÉS DOS CLAREADORES WHITENESS HP E WHITENESS HP MAXX	58
GRÁFICO 3 – TRANSMISSÃO DA LUZ VERDE ATRAVÉS DOS CLAREADORES WHITENESS HP E WHITENESS HP MAXX	59
GRÁFICO 4 – TRANSMISSÃO DA LUZ AMARELA ATRAVÉS DOS CLAREADORES WHITENESS HP E WHITENESS HP MAXX	60
GRÁFICO 5 – TRANSMISSÃO DA LUZ LARANJA ATRAVÉS DOS CLAREADORES WHITENESS HP E WHITENESS HP MAXX	61
GRÁFICO 6 – TRANSMISSÃO DA LUZ VERMELHA ATRAVÉS DOS CLAREADORES WHITENESS HP E WHITENESS HP MAXX	62
GRÁFICO 7 – TRANSMISSÃO DOS DIVERSOS COMPRIMENTOS DE ONDA ATRAVÉS DO GEL WHITENESS HP	63
GRÁFICO 8 – TRANSMISSÃO DOS DIVERSOS COMPRIMENTOS DE ONDA ATRAVÉS DO GEL WHITENESS HP MAXX	63
GRÁFICO 9 – TRANSMISSÃO DOS DIVERSOS COMPRIMENTOS DE ONDA ATRAVÉS DO GEL WHITENESS HP E WHITENESS HP MAXX	64
GRÁFICO 10 – COMPORTAMENTO TÉRMICO DO WHITENESS HP E WHITENESS HP MAXX IRRADIADOS COM LUZ AZUL COMPARADOS AOS GRUPOS CONTROLE	67
GRÁFICO 11 – COMPORTAMENTO TÉRMICO DO WHITENESS HP E WHITENESS HP MAXX IRRADIADOS COM LUZ VERDE COMPARADOS AOS GRUPOS CONTROLE	68
GRÁFICO 12 – COMPORTAMENTO TÉRMICO DO WHITENESS HP E WHITENESS HP MAXX IRRADIADOS COM LUZ AMARELA COMPARADOS AOS GRUPOS CONTROLE	69

GRÁFICO 13 – COMPORTAMENTO TÉRMICO DO WHITENESS HP E WHITENESS HP MAXX IRRADIADOS COM LUZ LARANJA COMPARADOS AOS GRUPOS CONTROLE	70
GRÁFICO 14 – COMPORTAMENTO TÉRMICO DO WHITENESS HP E WHITENESS HP MAXX IRRADIADOS COM LUZ VERMELHA COMPARADOS AOS GRUPOS CONTROLE	71
GRÁFICO 15 – COMPORTAMENTO TÉRMICO DO WHITENESS HP IRRADIADOS COM DIFERENTES COMPRIMENTOS DE ONDA COMPARADOS AO GRUPO CONTROLE	72
GRÁFICO 16 – COMPORTAMENTO TÉRMICO DO WHITENESS HP MAXX IRRADIADO COM DIFERENTES COMPRIMENTOS DE ONDA COMPARADOS AO GRUPO CONTROLE	73
GRÁFICO 17 – COMPORTAMENTO TÉRMICO DO WHITENESS HP E WHITENESS HP MAXX IRRADIADOS COM DIFERENTES COMPRIMENTOS DE ONDA COMPARADOS AO GRUPO CONTROLE	74
GRÁFICO 18 – AVALIAÇÃO DAS MUDANÇAS OCORRIDAS AO LONGO DO TEMPO NA VARIÁVEL TRANSMISSÃO DE LUZ CONSIDERANDO-SE O GEL WHITENESS HP	80
GRÁFICO 19 – AVALIAÇÃO DAS MUDANÇAS OCORRIDAS AO LONGO DO TEMPO NA VARIÁVEL TRANSMISSÃO DE LUZ CONSIDERANDO-SE O GEL WHITENESS HPM MAXX	80
GRÁFICO 20 – AVALIAÇÃO COMPARATIVA ENTRE OS DOIS GÉIS EM RELAÇÃO À VARIÁVEL TRANSMISSÃO DE LUZ CONSIDERANDO-SE A COR AMARELA E O TEMPO DE ACOMPANHAMENTO	82
GRÁFICO 21 – AVALIAÇÃO COMPARATIVA ENTRE OS DOIS GÉIS EM RELAÇÃO À VARIÁVEL TRANSMISSÃO DE LUZ CONSIDERANDO-SE A COR LARANJA E O TEMPO DE ACOMPANHAMENTO	83
GRÁFICO 22 – AVALIAÇÃO COMPARATIVA ENTRE OS DOIS GÉIS EM RELAÇÃO À VARIÁVEL TRANSMISSÃO DE LUZ CONSIDERANDO-SE A COR AZUL E O TEMPO DE ACOMPANHAMENTO	83
GRÁFICO 23 – AVALIAÇÃO COMPARATIVA ENTRE OS DOIS GÉIS EM RELAÇÃO	

À VARIÁVEL TRANSMISSÃO DE LUZ CONSIDERANDO-SE A COR VERDE E O TEMPO DE ACOMPANHAMENTO	84
GRÁFICO 24 – AVALIAÇÃO COMPARATIVA ENTRE OS DOIS GÉIS EM RELAÇÃO À VARIÁVEL TRANSMISSÃO DE LUZ CONSIDERANDO-SE A COR VERMELHO E O TEMPO DE ACOMPANHAMENTO	84
GRÁFICO 25 – AVALIAÇÃO DAS MUDANÇAS OCORRIDAS AO LONGO DO TEMPO NA VARIÁVEL TEMPERATURA DO GEL CONSIDERANDO-SE O GEL WHITENESS HP	88
GRÁFICO 26 – AVALIAÇÃO DAS MUDANÇAS OCORRIDAS AO LONGO DO TEMPO NA VARIÁVEL TEMPERATURA DO GEL CONSIDERANDO-SE O GEL WHITENESS HP MAXX	88
GRÁFICO 27 – AVALIAÇÃO COMPARATIVA ENTRE OS DOIS GÉIS EM RELAÇÃO À VARIÁVEL TEMPERATURA DO GEL NO INÍCIO DO PROCEDIMENTO CONSIDERANDO-SE A COR	90
GRÁFICO 28 – AVALIAÇÃO COMPARATIVA ENTRE OS DOIS GÉIS EM RELAÇÃO À VARIÁVEL TEMPERATURA DO GEL NO FINAL DO PROCEDIMENTO CONSIDERANDO-SE A COR	90

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

LED.....	<i>Light Emmiting Diode</i>
LDR.....	<i>Light dependent resistance</i>
FDA.....	Food and Drugs Administration
LABBIO.....	Laboratório de Bioengenharia da UFMG
CO <sub>2</sub> .....	dióxido de carbono
H <sub>2</sub> O .....	água
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	peróxido de hidrogênio
O .....	oxigênio
OH <sup>-</sup> .....	hidroxila
J.....	joule
mJ.....	milijoule
E .....	energia
P .....	potência
T .....	temperatura
°C.....	graus Celsius
°K.....	graus Kelvin
f.....	freqüência
λ.....	comprimento de onda
m.....	metro
μm.....	micrômetro
nm.....	nanômetro
W.....	watts
mW.....	miliwatt
s .....	segundo
mm.....	milímetro
cm.....	centímetro
g.....	grama
V .....	volts

mV.....milivolts  
A.....ampère  
mA.....miliampère  
cd.....candela  
mcd.....milicandela  
U.V.A.....ultravioleta A  
U.V.B.....ultravioleta B  
U.V.C.....ultravioleta C  
I.V .....Infravermelho

## RESUMO

Foram avaliados os comportamentos térmico e óptico de dois clareadores dentais, o Whiteness Hp e o Whiteness Hp Maxx, ambos da empresa FGM, quando irradiados com diferentes comprimentos de onda no espectro visível. A irradiação dos clareadores foi realizada por meio de LEDs (*Light Emitting Diode*) com comprimento de onda de 470 nm (azul), 568 nm (verde), 590 nm (amarelo), 612 nm (laranja) e 644 nm (vermelho). Todos os LEDs tiveram suas tensões moduladas por resistores para que a irradiação das amostras fosse realizada com a mesma intensidade de luz. Para análise do comportamento térmico foi utilizado um termopar do tipo K e na análise óptica foi utilizado um fotosensor para medir a intensidade da transmissão da luz através do gel clareador. O fotosensor faz parte de uma bancada de testes que foi desenvolvida para esse tipo de análise e é constituído de um LDR (*light dependent resistance*) conectado a um multímetro digital. Desta forma, a variação da intensidade de luz sobre o LDR gera um valor de tensão que é lido no multímetro. A bancada de testes mostrou-se eficiente para analisar a transmissão de diferentes comprimentos de onda através dos géis Whiteness Hp e o Whiteness Hp Maxx e para analisar o comportamento térmico dos mesmos. Os três fatores avaliados no experimento; gel, comprimento de onda e tempo exercem influência estatisticamente significativa na transmissão de luz no interior do gel. Na análise térmica, a irradiação dos géis Whiteness Hp e Whiteness Hp Maxx com os diversos comprimentos de onda utilizados, também apresentou diferenças estatisticamente significativas.

**Palavras Chaves:** *Clareamento Dental, LEDs, Transmissão de Luz.*

# 1 INTRODUÇÃO

O clareamento dental é hoje um procedimento estético realizado rotineiramente nos consultórios odontológicos. Apesar da estética ser uma abordagem recente na odontologia, o clareamento dental é pesquisado desde o final do século XIX (BOGUE, 1872; CHARPLE, 1877).

Novos equipamentos e novas técnicas têm sido desenvolvidos com o intuito de tornar o processo de clareamento mais rápido e de manter os dentes claros por um período maior de tempo.

Existem na odontologia diferentes maneiras de se clarear os dentes (CHRISTENSEN, 2003), as quais serão citadas no presente trabalho. Para o clareamento de dentes vitais, duas técnicas são mais utilizadas, o clareamento caseiro e o clareamento em consultório.

A técnica do clareamento caseiro foi desenvolvida por Haywood e Heymann em 1989, os autores propuseram a utilização de um gel de peróxido de carbamida em moldeiras individuais. O paciente deveria utilizar essas moldeiras contendo uma pequena quantidade de gel à noite, durante um período de duas semanas aproximadamente. Como a maior parte do tratamento seria realizado na casa do paciente e não no consultório odontológico, o nome clareamento caseiro ou clareamento noturno ficou estabelecido para descrever a técnica.

O clareamento em consultório geralmente é realizado em uma única sessão de atendimento, onde o profissional utiliza uma fonte de energia para acelerar o processo de clareamento que é realizado por um gel clareador a base de peróxido de hidrogênio. Essa fonte de energia pode ser o calor ou a luz (GASPAR, 2003). Esse tipo de clareamento será a técnica pertinente a esse trabalho e será, portanto, amplamente discutida ao decorrer do mesmo.



Diferentes fontes de luz podem ser utilizadas para acelerar a reação de oxidação que ocorre com nos géis clareadores. As fontes mais utilizadas são fornecidas por equipamentos como fotopolimerizadores, lâmpadas de plasma, laser de argônio, laser de Diodo e LEDs (MAGRI, 2001). Por fornecer grande quantidade de energia luminosa, alguns desses equipamentos podem causar sensibilidade dentinária devido ao aumento de temperatura nas estruturas dentais, como esmalte, dentina e polpa dental.

A indústria de microeletrônica vem desenvolvendo LEDs para utilizá-los em painéis eletrônicos e em semáforos, uma vez que esses diodos emissores de luz podem substituir as lâmpadas incandescentes com a vantagem de economizar grande quantidade de energia elétrica. Na odontologia, os fabricantes de equipamentos odontológicos vislumbraram a substituição das lâmpadas halógenas dos fotopolimerizadores convencionais por LEDs azuis de alta intensidade. A tecnologia dos equipamentos clareadores a base de LEDs visa fornecer grande quantidade de energia luminosa com pequeno aumento de temperatura.

Os LEDs, assim como os lasers, podem ser utilizados em odontologia com a finalidade terapêutica de promover efeitos analgésicos, antiinflamatórios e antiedematosos, entre outros. Esta tecnologia é utilizada também para acelerar a cicatrização tecidual por meio da biomodulação.

As aplicações citadas acima só foram possíveis devido ao aumento da intensidade luminosa dos LEDs atuais, na ordem de milhares de milicandelas, enquanto que há dez anos atrás, a intensidade luminosa dos LEDs era restrita a dezenas de milicandelas. Além de fornecer maior potência luminosa, os LEDs atuais emitem uma gama maior de comprimentos de onda, antes restritos ao vermelho, verde e amarelo. Atualmente, estes dispositivos produzem luz na faixa do ultravioleta ao infravermelho, inclusive a luz branca. Isto só foi possível devido às pesquisas realizadas na última década para desenvolver novos materiais semicondutores.

Apesar de parte desse trabalho focalizar a utilização de LEDs para acelerar a técnica de clareamento em consultório, o objetivo central não é avaliar o potencial de clareamento de uma técnica ou de determinado produto ou produtos. Portanto, a metodologia do presente trabalho restringe-se no desenvolvimento de um sistema de testes, óptico e térmico, para analisar o perfil de transmissão da luz de um LED no interior do gel para clareamento dental, assim como determinar o comportamento térmico dessas substâncias.

O objetivo do presente trabalho é avaliar o comportamento do feixe de luz incidente sobre o gel (transmissão) e a variação de temperatura quando o gel é irradiado com os diferentes comprimentos de onda. Foram utilizados cinco comprimentos de onda emitidos por LEDs (470 nm, 568 nm, 590 nm, 612 nm, 644 nm) sobre dois géis de clareamento dental (Whiteness Hp e Whiteness Hp Maxx) à base peróxido de hidrogênio.

Serão apresentados, a seguir, conceitos relacionados às técnicas de clareamento dental e seus mecanismos de atuação, assim como conceitos fisiológicos e anatômicos de estruturas dentais, para que profissionais da engenharia e das áreas médicas possam ter condições de compreender os fenômenos aqui descritos.

## 2 PROPOSIÇÃO

Em função da grande evolução dos produtos destinados ao clareamento dental e do desconhecimento do comportamento óptico e térmico desses géis quando irradiados por diferentes comprimentos de ondas, propõe-se:

- Construir uma bancada de testes para avaliar a interação de diferentes tipos de LEDs com diferentes clareadores dentais.
- Analisar a transmissão de diferentes comprimentos de onda através dos géis Whiteness Hp e o Whiteness Hp-Maxx.
- Descrever o comportamento térmico dos géis Whiteness Hp e o Whiteness Hp-Maxx quando irradiados por diferentes comprimentos de onda.

## 3 CLAREAMENTO DENTAL

### 3.1 - Histórico

As preocupações referentes à estética dental não são recentes, desde o século XIX existem técnicas que propõem o clareamento de dentes escurecidos. Diferentes substâncias como cloreto de cálcio, cloro, cloreto de alumínio, ácido oxálico, dióxido de enxofre, hipoclorito de sódio, entre outros, foram propostas ao longo da evolução da odontologia. Em 1872 e 1877, Bogue e Charple utilizaram ácido oxálico para clarear dentes vitais e não vitais. Em 1924, Prinz divulgou a técnica termocatalítica para dentes tratados endodonticamente. O autor utilizava perborato de sódio mais peróxido de hidrogênio a 30% associado a uma fonte de calor. Em 1937, Ames difundiu uma técnica para clarear dentes vitalizados manchados por fluorose. O agente clareador era composto por cinco partes de peróxido de hidrogênio a 30% mais uma parte de éter associado a uma fonte de calor para acelerar a reação de liberação de oxigênio. As técnicas mais atuais, como o clareamento caseiro com peróxido de carbamida desenvolvido por Haywood e Heyman (1989), e o clareamento em consultório com peróxido de hidrogênio são bem menos agressivas à estrutura dental e à saúde do paciente.

### 3.2 - Cor

A cor de um determinado dente não é uniforme. Existe uma variação gradual da cor que se apresenta mais escura na porção próxima à gengiva (porção cervical) e mais clara na porção incisal. Essa diferença é causada pelo fato de que na porção gengival existe maior quantidade de dentina, que é o tecido que dá cor ao dente, e na parte incisal

existe apenas esmalte, ou uma maior quantidade de esmalte, que é o tecido responsável pela translucidez do dente (O'BRIEN *et al.*, 1997).

A cor apresenta três dimensões: matiz, croma e valor. O matiz é utilizado para definir a cor, por exemplo o vermelho, amarelo e azul. O valor está relacionado à variação do brilho e reflexão da luz e o croma ou saturação determina a intensidade do matiz ou o seu grau de saturação.

Alguns pesquisadores desenvolveram equipamentos para análise da cor dos dentes, com o intuito de eliminar as variações existentes entre medidas de cor realizadas manualmente utilizando escalas pré-determinadas (BENTLEY *et al.*, 1999; HORN *et al.*, 1998; OKUBO *et al.*, 1998; PAUL *et al.*, 2002; CHU, 2003; TRUSHKOWSKY, 2003).

Segundo Horn e colaboradores (1998), a análise de cor dos dentes por observadores humanos não é fidedigna, e que o uso de uma esfera integradora pode prover um método mais preciso e correto na avaliação *in vitro* da cor de dentes. Os autores sugerem ainda, que a esfera integradora seja usada nos trabalhos científicos para avaliar produtos e técnicas de clareamento dental *in vitro*.

Paul e colaboradores (2002), mostraram que a análise da cor de dentes de 30 pacientes, por profissionais treinados, apresentou resultados equivalentes em apenas 26,6% dos dentes. Enquanto o índice de equivalência no espectrofotômetro foi de 83,3%. Sendo assim o espectrofotômetro é com certeza um meio mais confiável na análise de alterações na cor de dentes.

### **3.3 - Escurecimento Dental**

O processo de escurecimento dental ocorre devido à formação de estruturas quimicamente estáveis, responsáveis pela instalação progressiva de manchas na coroa

dental. O processo básico de clareamento envolve a oxidação, que consiste em um processo químico onde os materiais orgânicos são convertidos em dióxido de carbono e água. Os pigmentos são compostos de grandes quantidades de moléculas de carbono. Essas são quebradas e convertidas em compostos intermediários (cadeias menores) que são mais claros. Essa reação química altera o tipo, número e posição relativa dos átomos que compõem essas moléculas. No decorrer do clareamento as cadeias de carbono são transformadas em  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$ , sendo gradualmente liberados junto com o oxigênio nascente. O ponto de saturação é o momento em que ocorre o máximo de clareamento e a partir dessa etapa os pigmentos não são mais clareados e o agente clareador começa a atuar em outros compostos que apresentam cadeias de carbono, como as proteínas da matriz do esmalte. Nesse ponto ocorre a perda de estrutura dental. Por isso é necessário saber quando cessar o processo, pois, no momento em que há perda de estrutura dental perde-se todo benefício estético do clareamento (BARATIERI, 1994).

As causas que provocam alterações de cor nos dentes são variadas e podem ser classificadas como intrínsecas e extrínsecas. O que originou o escurecimento dental é de suma importância para a escolha do tipo de tratamento a ser realizado (FASANARO, 1992). Nem sempre o clareamento é uma boa alternativa, principalmente nos casos onde a pigmentação é causada por componentes inorgânicos, como a impregnação por prata, originada das restaurações de amálgama, e dos óxidos de cobre, presentes em restaurações indiretas.

Os fatores extrínsecos derivam de pigmentos como tabaco, café, chá, vinho tinto, deposição de minerais, entre outros. Os fatores intrínsecos podem ser congênitos ou adquiridos. A fluorose e a dentinogênese imperfeita são exemplos de causas congênitas de escurecimento; já as manchas por tetraciclina, por porfiria e por trauma são exemplos de manchas intrínsecas adquiridas (BARATIERI, 1994).

### 3.4 - Técnicas de clareamento dental

Segundo Mondelli (1984), qualquer alteração na aparência estética pode provocar implicações psicológicas que variam desde uma simples forma de disfarçar o problema, até a introversão total do indivíduo, anulando a desenvoltura social deste. Desta maneira, o clareamento dental é uma alternativa de tratamento não invasiva que procura clarear os dentes de pacientes que apresentem escurecimento dental.

Normalmente, o clareamento dental pode ser realizado de duas maneiras. Na primeira, o paciente recebe uma moldeira bucal personalizada, onde é colocado um gel de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) ou peróxido de carbamida (FIG. 1). A concentração de peróxido de carbamida varia de 10% a 16%.



**FIGURA 1: GEL CLAREADOR NO MOMENTO DE SUA APLICAÇÃO.**

Outra modalidade de tratamento é o clareamento realizado no consultório odontológico, onde o gel de peróxido de hidrogênio é aplicado sobre os dentes e ativado com o auxílio de uma fonte de energia (BARATIERI, 2002). Enquanto que no clareamento caseiro o resultado é obtido em um período de 10 a 20 dias, no clareamento realizado em consultório o período é de apenas duas horas (FIG. 2).

O clareamento caseiro apresenta a vantagem de facilidade da técnica e do menor preço dos materiais utilizados durante o tratamento, contudo muitos pacientes não toleram o uso da moldeira por muitos dias comprometendo o resultado estético. Além disso, muitos pacientes relatam sensibilidade dentária por um período prolongado, o que também gera a interrupção do tratamento.

O clareamento em consultório apresenta a vantagem do resultado imediato e de gerar sensibilidade dentária por um período pequeno de tempo, geralmente de 24 horas após o tratamento. Como desvantagem, o custo do equipamento para acelerar a reação de oxidação do gel e a necessidade de proteção do paciente devido à utilização do peróxido de hidrogênio em uma concentração alta (35%), são os principais fatores.



**FIGURA 2: ASPECTO DOS DENTES ANTES (À ESQUERDA) E DEPOIS (À DIREITA) DO CLAREAMENTO REALIZADO EM CONSULTÓRIO.**

Durante o tratamento realizado em consultório, é aplicado sobre os dentes um gel composto por peróxido de hidrogênio a 35% e um pigmento fotoabsorvedor. O gel é ativado por uma fonte de energia que pode ser um fotoativador convencional que utiliza lâmpadas dicróicas (FIG. 3), um equipamento de arco de plasma (FIG. 4), um laser de argônio (FIG. 5), um laser de diodo (FIG. 6), LEDs azuis ou a combinação destes equipamentos (FIG. 7).





**FIGURA 3: FOTOATIVADOR CONVENCIONAL**



**FIGURA 4: EQUIPAMENTO DE ARCO DE PLASMA**



**FIGURA 5: LASER DE ARGÔNIO**



**FIGURA 6: LASER DE DIODO**

Fontes com lâmpadas dicróicas demandam muito tempo no tratamento e diminuem o tempo de vida útil das mesmas. As lâmpadas de arco de plasma fornecem grande quantidade de energia e possibilitam um tratamento mais rápido quando comparadas aos fotoativadores. No entanto, esta grande quantidade de energia provoca altos índices de sensibilidade dentária, devido ao aumento de temperatura na superfície do dente . O laser de Argônio e os lasers de diodo, emitindo em alta intensidade, também fornecem grande quantidade de energia, porém, com menor grau de sensibilidade. Por outro lado, o preço destes equipamentos é muito alto, o que muitas vezes inviabiliza a aquisição destes equipamentos. Os LEDs azuis fazem parte de uma nova tecnologia, onde diversos fabricantes de semicondutores têm conseguido extrair altas intensidades luminosas desses pequenos dispositivos eletrônicos. Os LEDs de alta intensidade são mais baratos que os lasers de diodo e a quantidade de calor produzida por eles pode ser considerada como sendo mínima, diminuindo a sensibilidade dentinária durante o tratamento clareador. Hoje em dia, existem equipamentos que utilizam arranjos de LEDs azuis (2W) em conjunto com um diodo laser de média intensidade (500mW), esses equipamentos também são conhecidos comercialmente como fontes híbridas de luz (FIG. 7).



**FIGURA 7: FONTE HÍBRIDA DE LUZ.**

### **3.5- Peróxido de Hidrogênio**

No clareamento realizado em consultório odontológico, o peróxido de hidrogênio é o agente clareador de escolha. Segundo Freedman (1995), uma das vantagens do peróxido de hidrogênio é o seu baixa massa molecular, por volta de 30 g/mol, o que permite a movimentação deste através do esmalte e da dentina.

A química do peróxido de hidrogênio é baseada na sua capacidade de gerar oxigênio ativo, radicais livres e solventes, especificamente a água. Acredita-se que, através da desnaturação e degradação pela ação do agente clareador, as proteínas formem polipeptídios, peptídeos e aminoácidos de baixo peso molecular. O oxigênio ativo agiria nas cadeias peptídicas, tornando-as solúveis em água (DIETZ, 1988).

Uma outra teoria que procura explicar o processo químico do agente clareador é a oxidação dos materiais orgânicos e sua posterior conversão em dióxido de carbono e

água. O processo inicial de clareamento é caracterizado por compostos de anéis de carbono altamente pigmentados, que são abertos e convertidos em cadeias mais claras na cor. É de suma importância que o agente clareador penetre até o pigmento e permaneça ao redor deste pelo tempo necessário para realizar o clareamento (WHITE *et al.*, 2000).

Os radicais livres reagem mais facilmente com moléculas de cadeia longa, que geralmente são os pigmentos mais escuros presentes no dente. Essa reação alterará a estrutura óptica da molécula, tornando-a invisível ou quebrando a cadeia longa em uma cadeia menor e mais clara (SUN, 2000).

O processo químico de clareamento dental pode produzir diferentes íons por meio de diferentes mecanismos químicos de dissociação do peróxido de hidrogênio. Os mecanismos descritos a seguir podem ocorrer isoladamente ou em conjunto dependendo do produto a ser utilizado.

Segundo Crimm citado por Sun (2000), a ionização do peróxido de hidrogênio produz íons hidroxila devido à quebra das fracas ligações das duas moléculas de oxigênio.



Segundo Goldstein e Garber (1995) a ionização do peróxido de hidrogênio produz íons perhidroxila ( $\text{HOO}^-$ ), considerado como um forte radical livre, e um íon hidrogênio ( $\text{H}^+$ ).



De acordo com Sun (2000), a ionização do peróxido de hidrogênio pode produzir ainda moléculas de água ( $\text{H}_2\text{O}$ ) e íons oxigênio ( $\text{O}^{-2}$ ), que é um radical livre fraco.



No mercado odontológico existem diversos tipos de gel a base de peróxido de hidrogênio, em diferentes concentrações. No mercado brasileiro, a empresa FGM produz dois tipos clareadores a base de peróxido de hidrogênio 35%, o Whiteness Hp e o Whiteness Hp Maxx. Wetter et al. (2004) pesquisaram a influência da luz emitidas por LEDs e por um laser de diodo sobre dentes bovinos cobertos com Whiteness Hp e Opalescence X-tra (Ultradent), o Opalescence X-tra é um clareador amplamente utilizado no mundo inteiro. Os resultados encontrados pelos autores demonstraram que a maior efetividade de clareamento dental era encontrada quando se utilizava o laser de diodo em conjunto com o Whiteness Hp.

### **3.6 - Aumento de temperatura**

Os processos de clareamento dental que utilizam diferentes tipos de fonte de energia para catalisar a reação do peróxido de hidrogênio, geralmente causam aumento da temperatura pulpar (GARBER, 1997)

A radiação emitida pela fonte de luz será absorvida pelo pigmento fotoabsorvedor contido no gel, provocando o aumento de temperatura deste e, conseqüentemente, a aceleração da reação química envolvida no clareamento dental. Alguns autores se referem a esse processo como catálise da reação química de oxidação, mas no presente trabalho o termo utilizado será aceleração da reação química.

Entretanto, o aumento de temperatura no interior da polpa dental, não pode ser muito grande. Segundo Zach e Cohen (1965), a temperatura intrapulpar não pode aumentar mais que 5,5°C. Caso isto aconteça, poderão ocorrer alterações pulpares que vão desde um leve processo inflamatório, conhecido como pulpite reversível, até ao extremo de uma necrose pulpar (ADRIAN *et al.*, 1971).

Quando um tecido é irradiado por um laser, a principal interação que ocorre é térmica. Esta interação depende de parâmetros ópticos do tecido (coeficiente de absorção) e do laser (fluência, taxa de repetição, tempo de exposição), assim como dos parâmetros térmicos do tecido (condutividade térmica e capacidade térmica) (FERREIRA, 2000). Ocorrerá, então, a geração de calor durante a irradiação do gel clareador pelo laser, o qual é responsável pela aceleração da reação de oxidação do peróxido de hidrogênio presente no gel.

O FDA (*Food and Drugs Administration*), que é o órgão norte americano responsável pela comercialização de equipamentos eletromédicos, autoriza os cirurgiões dentistas a utilizar lasers para ativação de géis para clareamento dental. Os pareceres do FDA são baseados em princípios de segurança para o paciente, assim como para o cirurgião dentista e sua equipe.

O laser de argônio foi o primeiro laser liberado pelo FDA. Atualmente o uso do laser de CO<sub>2</sub> e de diodo em clareamento dental também é permitido pelo FDA. Desde que seja usada uma correta densidade de energia, a utilização desses lasers em clareamento dental não provocará dano pulpar ou nas estruturas do esmalte irradiado (POWELL *et al.*, 1993; GOLDSTEIN, 1997; REYTO, 1998). Atualmente, os LEDs azuis para clareamento também são autorizados pelo FDA.

Sulieman *et al.* (2005) compararam o aumento de temperatura provocado por quatro fontes de luz, utilizadas em clareamento dental. Foram testados uma lâmpada de arco de plasma, uma lâmpada de xenônio, uma lâmpada halógena convencional e um laser de diodo. As medidas foram realizadas por um termopar instalado no interior de incisivos e caninos extraídos. Os autores concluíram que a presença do gel clareador reduz significativamente o aumento de temperatura intrapulpar. A lâmpada de arco de plasma, a lâmpada de xenônio e a lâmpada halógena convencional provocaram aumento de temperatura inferior a 5,5 °C, contudo o laser de diodo apresentou aumento de temperatura acima de 5,5 °C, o que torna a utilização desse equipamento motivo de cautela pelos profissionais da odontologia.

Clinicamente, o sintoma de que está ocorrendo aumento excessivo de temperatura é a queixa do paciente, na qual ele relata que seus dentes estão sensíveis a qualquer estímulo, ou que já existe uma sintomatologia dolorosa. Na presença desses sintomas, o profissional é obrigado a paralisar o procedimento clínico e intervir de maneira a aliviar a dor ou sensibilidade do paciente. Quanto mais calor a fonte luminosa produzir, mais rápida será a queixa do paciente em relação à dor.

### **3.6.1 Propriedades termofísicas do esmalte e da dentina**

O esmalte é o tecido mais mineralizado conhecido, consistindo de cerca de 96% de mineral, suportado por apenas 4% de material orgânico e água (por peso). O conteúdo inorgânico do esmalte consiste basicamente de fosfato de cálcio cristalino, a hidroxiapatita. A dentina constitui o maior volume do dente e compõe-se de aproximadamente 70% de substância inorgânica, 20% de substância orgânica e 10% de água (por peso) (TEN CATE, 1985).

As pesquisas que atribuíram valores experimentais às propriedades termofísicas do dente tiveram início no final da década de 50. Neste período, até meados da década de 70, houve grande interesse dos cientistas em estudos experimentais que pudessem esclarecer o fenômeno de transferência de calor em esmalte e em dentina. A fonte de calor, que atuava nos sistemas experimentais, era decorrente principalmente do atrito causado pelos instrumentos rotatórios usados em preparos cavitários, e de reações exotérmicas geradas no processo de cura de materiais como cimentos e resinas odontológicas.

Lisanti e Zander, em 1950, desenvolveram um aparato experimental para medir a condutividade térmica da dentina. O valor médio obtido foi de 0,958 W/m.K. Os autores descreveram a possibilidade da ocorrência de duas fontes de erro a desidratação das

amostras e a direção em que foram realizadas as medições. Esta última fonte de erro deve-se ao fato da dentina não ser um material isotrópico.

Outros trabalhos como o de Phillips e colaboradores em 1954, Soyenkoff e Okun em 1958 e Craig e Peyton em 1961 atribuem, respectivamente, 0,107 W/m.K, 0,448 W/m.K e 0,582 W/m.K como sendo os valores de condutividade térmica da dentina.

A condutividade térmica do esmalte é bem mais difícil de ser medida, devido à dificuldade de se obter uma amostra grande o suficiente para a realização do experimento, uma vez que este material é extremamente quebradiço. No entanto, Soyenkoff e Okun em 1958 e Craig e Peyton em 1961 atribuem, respectivamente, 0,648 W/m.K e 0,933 W/m.K como sendo os valores de condutividade térmica do esmalte dental.

Baseados nos dados existentes na literatura da época (1964), Braden utilizou os valores atribuídos à condutividade térmica, calor específico e densidade do esmalte e dentina para calcular a difusividade térmica destes tecidos. Os valores de difusividade térmica atribuídos ao esmalte e à dentina são, respectivamente,  $4,2 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$  e  $2,6 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ .

Existem diferenças nos valores de difusividade térmica e condutividade térmica de uma publicação para outra, no entanto a maioria dos livros, que trazem atribuições a esses valores, utiliza como fonte bibliográfica, o trabalho de Brown e colaboradores publicado em 1970. Os valores das difusividades térmica atribuída à dentina e ao esmalte, no artigo, são, respectivamente, de  $1,87 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$  e  $4,69 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ . Para condutividade térmica de dentina e esmalte, os valores são, respectivamente, 0,582 W/m.K e 0,933 W/m.K., derivados do experimento desenvolvido por Craig e Peyton em 1961.

Os valores descritos acima estão esquematizados nas TAB 1, 2, 3 e 4, descritas abaixo;



**TABELA 1**  
**CONDUTIVIDADE TÉRMICA DA DENTINA.**

Condutividade térmica da dentina	Ano	Autores
0,958 W/m.K	1950	LISANTI e ZANDER.
0,107 W/m.K	1954	PHILLIPS et. al.
0,448 W/m.K	1958	SOYENKOFF e OKUN
0,582 W/m.K	1961	CRAIG e PEYTON
0,582 W/m.K	1970	BROWN et al.

**TABELA 2**  
**CONDUTIVIDADE TÉRMICA DO ESMALTE**

Condutividade térmica do esmalte	Ano	Autores
0,933 W/m.K	1961	CRAIG e PEYTON
0,933 W/m.K	1970	BROWN et al

**TABELA 3**  
**DIFUSIVIDADE TÉRMICA DA DENTINA**

Difusividade Térmica da Dentina	Ano	Autores
$2,6 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$	1964	BRADEN
$1,87 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$	1970	BROWN et al

**TABELA 4**  
**DIFUSIVIDADE TÉRMICA DO ESMALTE**

Difusividade Térmica do Esmalte	Ano	Autores
$4,2 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$	1964	BRADEN
$4,69 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$	1970	BROWN et al

Portanto, tanto o esmalte quanto à dentina são relacionados como maus condutores de calor, ou seja, são considerados materiais isolantes térmicos. Apesar disto, todo procedimento odontológico que conduz calor à polpa dental deve ser testado *in-vitro*, para uma correta análise do aumento de temperatura intrapulpal.

Tanto o esmalte quanto a dentina são permeáveis ao peróxido de hidrogênio, e à medida que se aumenta a temperatura desses tecidos aumenta-se essa permeabilidade (BOWLES E UGWUNERI, 1987).

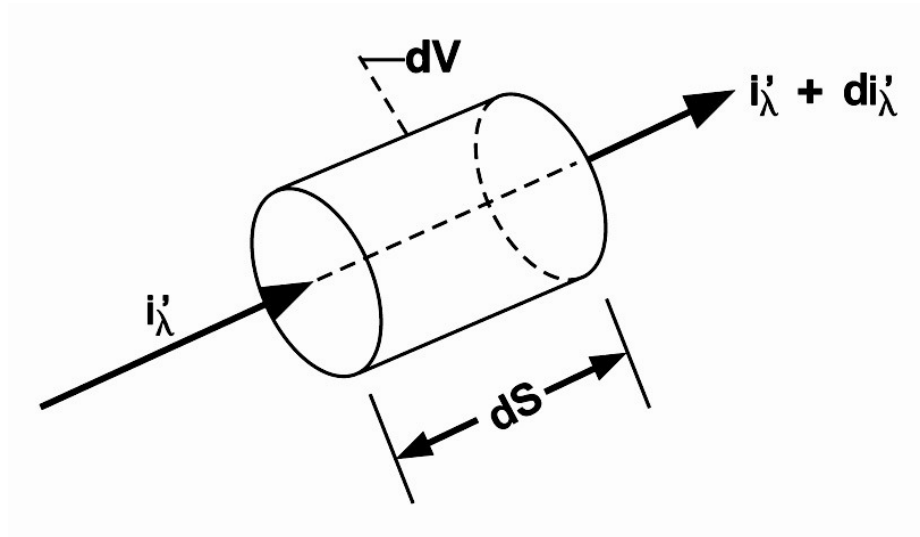
### **3.6.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR**

A transferência de calor pode ocorrer por meio da condução, convecção e da radiação. No processo relacionado ao clareamento dental, os três tipos estarão presentes, no entanto, a principal interação que se tem quando da utilização de lasers, arcos de plasma, fotoativadores e LEDs é a interação por radiação que será descrita mais detalhadamente a seguir, segundo Siegel e Howell (1992) e Incropera e DeWitt (1988).

#### **3.6.2.1 - Radiação**

A fonte de calor utilizada no processo de clareamento dental emite radiação no espectro visível ou no infravermelho próximo. A energia gerada pela fonte é transportada por meio de ondas eletromagnéticas, não necessitando assim de um meio material para a transmissão dessa.

A energia emitida pela fonte luminosa (radiação espectral) será absorvida pelo gel clareador. A radiação espectral de intensidade  $i_{\lambda}$  incidente no eixo perpendicular de um volume de gel clareador  $dV$  com espessura  $dS$  (FIG. 8).



**FIGURA 8. REPRESENTAÇÃO SIMPLIFICADA DA TRANSMISSÃO DA RADIAÇÃO INCIDENTE ATRAVÉS DO GEL.**

De uma maneira simplificada, o meio gel irá absorver e espalhar a radiação incidente. A atenuação da radiação incidente por absorção e espalhamento irá depender das propriedades do gel caracterizado por um coeficiente de proporcionalidade  $K_\lambda$ , conhecido como coeficiente de extinção do material representado. Então, o decréscimo de radiação incidente será:

$$di'_\lambda = -K_\lambda(S)i'_\lambda dS \quad (4)$$

O  $K_\lambda$  é função da temperatura (T), pressão (P), composição do material ( $C_i$ ) e do comprimento de onda ( $\lambda$ ):

$$K_\lambda = (\lambda, T, P, C_i) \quad (5)$$

Na verdade, o coeficiente de extinção  $K_\lambda$  é composto por dois outros coeficientes, que representam importantes fenômenos no processo de transferência de calor por radiação: o coeficiente de absorção  $\alpha_\lambda$  e o coeficiente de espalhamento  $\sigma_{s\lambda}$ . Onde:

$$K_\lambda(\lambda, T, P) = \alpha_\lambda(\lambda, T, P) + \sigma_{s\lambda}(\lambda, T, P) \quad (6)$$

Integrando (5) sobre uma espessura finita de S

$$\int_{i'_{\lambda(0)}}^{i'_{\lambda(s)}} \frac{di'_{\lambda}}{i'_{\lambda}} = - \int_0^S k_\lambda(S^*) dS^* \quad (7)$$

$$\ln \frac{i'_{\lambda(s)}}{i'_{\lambda(0)}} = - \int_0^S k_\lambda(S^*) dS^* \quad (8)$$

$$i'_{\lambda(s)} = i'_{\lambda(0)} \exp \left[ - \int_0^S k_\lambda(S^*) dS^* \right] \quad (9)$$

A equação 9 é conhecida como lei de Bouguer e mostra que a intensidade da radiação espectral ao longo de um caminho é atenuada exponencialmente quando essa passa através de um meio onde ocorra absorção e/ou espalhamento. O expoente é igual a integral do coeficiente de extinção sobre o caminho a ser percorrido pela radiação.

A lei de Bouguer também é conhecida como lei de Beer. A lei de Beer é uma forma mais restrita da proposição descrita acima que diz que a absorção da radiação depende somente da concentração de espécies absorvedores presente no caminho a ser percorrido pela radiação e é descrito pela equação 10.

$$i'_{\lambda(s)} = i'_{\lambda(0)} \exp[-a_\lambda dS] \quad (10)$$

Onde  $\alpha_\lambda$  é igual ao coeficiente de absorção espectral e  $dS$  a espessura da amostra.

Os resultados do presente trabalho não serão apresentados em curvas de absorção devido ao fato do sensor utilizado fornecer apenas dados relativos à transmissão. Contudo os dados de transmissão da luz no interior do gel de clareamento podem ser convertidos em uma curva de absorção, a qual obedecerá ao comportamento proposto pela equação (10).

Para que haja a conversão dos dados obtidos pelo sensor LDR, os quais fornecem a transmissão, em dados relativos à absorção da luz pelo gel, devem-se converter os valores da corrente (A) gerada no LDR para um valor de tensão (V).

## 4 LED

### 4.1 - Definição

Um LED ou *Light Emitting Diode* (diodo emissor de luz), é um componente eletrônico formado por material semicondutor que emite luz quando uma corrente elétrica passa através desse (FIG. 9).



**FIGURA 9. LED QUE EMITE LUZ AZUL**

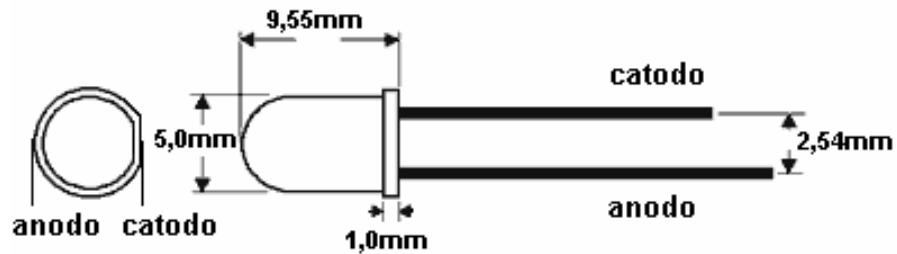
## 4.2- Constituição e Operação do LED

O LED é constituído geralmente por dois elementos, chamados material do tipo P e do tipo N. Estes dois elementos são colocados em contato, dando forma a uma região chamada junção P-N. Os LEDs possuem um invólucro de resina que dão a forma do componente. Esta pode variar de um pequeno bulbo até uma forma retangular e chata.

Os LEDs são componentes eletrônicos sensíveis à variação de diferença de potencial e de corrente. Devido a esta sensibilidade e ao pequeno tamanho, a identificação dos pólos positivo e negativo do diodo é feita por meio de uma diferenciação padronizada na forma dos bulbos e nos tamanhos dos conectores. O terminal negativo do diodo emissor de luz, catodo, é identificado por duas maneiras: 1) pela presença de um chanfro no bulbo, e 2) pelo tamanho dos fios que saem do LED. O mais curto é o negativo (FIG. 10).

Os LEDs operam em baixas tensões, aproximadamente de 1 a 5 volts, e em correntes de aproximadamente 10 a 100 miliampéres. As tensões e as correntes substancialmente acima destes valores podem causar fusão do LED.

O *microchip* do semiconductor situado no centro do bulbo é a parte mais importante de um LED (FIG. 11). É neste pequeno circuito que se encontra a junção P-N. A região da junção denominada de P é dominada por cargas elétricas positivas, e a região de N é dominada por cargas elétricas negativas.

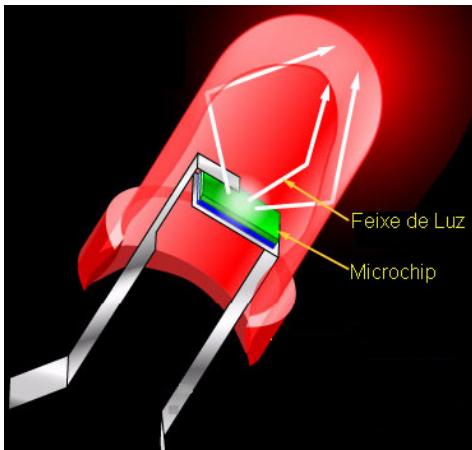


**FIGURA 10: REPRESENTAÇÃO DE UM LED**

Quando uma tensão suficiente é aplicada ao *microchip* através dos contatos do LED, os elétrons movem-se facilmente em um único sentido através da junção P-N. Quando uma tensão é aplicada, os elétrons da região n têm energia suficiente para mover-se através da junção em direção a região p. Uma vez na região p os elétrons são atraídos imediatamente para as cargas positivas devido às forças eletromagnéticas de atração entre cargas elétricas opostas. Este choque de cargas é conhecido como recombinação.

Para cada recombinação de uma carga negativa e positiva, um quantum da energia eletromagnética é emitido na forma de um fóton com um comprimento de onda característico do material semiconductor. Somente fótons em uma banda de comprimento espectral muito estreita podem ser emitidos pelo material semiconductor. Por isso, os LEDs são considerados como fontes monocromáticas de luz. Para se emitir diferentes comprimentos de onda, diferentes tipos de material semiconductor devem ser utilizados.





**FIGURA 11: MICROCHIP DO LED**

Os LEDs apresentam vantagens em relação às fontes de luz halógenas, ou de arco de plasma, uma vez, que devido à grande eficiência desses diodos, a conversão de energia elétrica em energia eletromagnética (luz) produz significativamente menos calor.

O custo de manutenção dos equipamentos eletromédicos que utilizam LEDs no lugar de outras fontes de luz é bem menor, uma vez que a durabilidade de um LED pode chegar a 20000 horas contra pouco mais de 1000 horas das outras fontes. Além disto, por operarem em baixa tensão, uma outra vantagem dos LEDs é que estes consomem menos energia que as fontes de luz tradicionais.

#### **4.3 - LED de alta intensidade.**

Nos três últimos anos, a indústria de semicondutores desenvolveu LEDs capazes de emitir altas intensidades de luz. A radiação emitida por estes LEDs está compreendida na faixa visível do espectro eletromagnético.

Internacionalmente, a unidade utilizada para medir intensidade luminosa é a candela. No caso dos LEDs utiliza-se a milicandela (mcd). Os Leds com maior intensidade

luminosa estão na faixa do amarelo e do laranja onde podem apresentar intensidades luminosas da ordem de 30000 mcd.

#### **4.4 - Propriedades da radiação emitida por um LED**

A luz emitida pela maioria dos LEDs é monocromática, ou seja, o LED emite um único comprimento de onda. Na verdade, o que existe é a emissão em uma pequena banda espectral com grande emissão de um determinado pico de comprimento de onda. Atualmente, existem LEDs que emitem comprimentos de onda desde o ultravioleta até o infravermelho próximo. O comprimento de onda emitido está relacionado ao material semicondutor do qual é feito o diodo, e pela intensidade de corrente aplicada ao circuito.

Os LEDs, diferentemente dos lasers, não emitem radiação com coerência espacial. Portanto, a radiação emitida por LEDs pode ser caracterizada como monocromática, não coerente e espontânea. Como a radiação emitida por lasers não é o foco desse trabalho, mas alguns conceitos relativos a ela podem ser fundamentais para se entender o funcionamento de diodos emissores de luz e discutir propriedades de emissão luminosa, encontra-se no final desse trabalho um anexo onde são discutidos o funcionamento e propriedades dos lasers (Anexo A).

#### **4.5 - Aplicações em odontologia**

Inicialmente os LEDs azuis foram usados para ativação de resinas compostas. No entanto, na literatura científica não existe ainda uma opinião unânime quanto a substituição dos equipamentos de ativação que utilizam luz halógena por equipamentos que utilizam LEDs. Alguns pesquisadores viram os LEDs de alta intensidade como uma

fonte de luz alternativa às opções já existentes no mercado, como, as lâmpadas halógenas e os arcos de plasma (STAHL e colaboradores, 2000). Jandt e colaboradores em 2000 mostraram que enquanto os equipamentos de luz halógena possuem um espectro óptico distribuído na região entre 400 nm e 530 nm, os LEDs azuis utilizados em odontologia emitem a maior parte da luz no comprimento de onda de 465 nm.

Uma das maiores vantagens da utilização de LEDs na ativação de resinas ou na ativação de produtos destinados ao clareamento de dentes é o pequeno aumento de temperatura que esta fonte de luz promove nas estruturas internas e externas do dente. De acordo com Knezevic e colaboradores (2002) os equipamentos de luz halógena testados promovem um aumento de temperatura na superfície dental duas vezes maior do que os equipamentos que utilizam LEDs azuis. O controle de temperatura é de suma importância, uma vez que a polpa dental é extremamente sensível a variações de temperatura, podendo sofrer desde uma sensibilidade momentânea até um processo de inflamação conhecido como pulpite, podendo chegar a uma necrose pulpar.

Tarle e colaboradores (2002) também afirmaram que o aumento de temperatura promovido pela utilização de LEDs azuis em odontologia é significativamente menor do que os promovidos pela utilização de fontes halógenas e de arco de plasma.

A comparação do aumento de temperatura intrapulpar de dentes irradiados com lâmpadas halógenas, arco de plasma e LEDs foi analisado por Weerakoon e colaboradores (2002). Os autores concluíram que enquanto as lâmpadas halógenas e de arco de plasma induzem grandes mudanças na temperatura pulpar, os equipamentos de LEDs testados induzem mudanças mínimas na temperatura intrapulpar dos dentes irradiados.

Mills e colaboradores (2002) descrevem que os LEDs azuis já são uma tecnologia viável para serem utilizados em odontologia, e que esta tecnologia já está muito próxima dos equipamentos que utilizam luz halógena. Em outro trabalho do mesmo

ano, Mills e colaboradores descrevem que a profundidade de polimerização de resinas polimerizadas por LEDs é maior ou igual à profundidade de polimerização em resinas ativadas com luz halógena. Outros autores como Nomura e colaboradores (2002) e Teshima e colaboradores (2003) afirmam que, a dureza Knoop de amostras de resina ativadas com LEDs, e a geração de radicais primários que atacam as ligações duplas do monômero das resinas irradiadas por LEDs, são maiores que os valores encontrados nas amostras irradiadas por luz halógena.

No entanto, outros autores como Tarle e colaboradores (2002) descrevem que resinas compostas ativadas por equipamentos que utilizam LEDs como fonte luminosa apresentam um grau menor de conversão do monômero e conseqüentemente esta resina irá apresentar problemas clínicos. Uhl e colaboradores (2003) descrevem a profundidade de polimerização em amostras de resina irradiadas com luz halógena significativamente maior ( $p < 0,05$ ) que as amostras irradiadas com LEDs azuis.

Não existe, portanto, um consenso na literatura quanto à substituição dos equipamentos que utilizam luz halógena por equipamentos que utilizam LEDs. Contudo, todos os pesquisadores que utilizam LEDs afirmam que o aumento de temperatura gerado na superfície dental e na câmara pulpar é bem menor quando da irradiação por LEDs do que por lâmpadas halógenas ou por arco de plasma. Sendo assim, os LEDs azuis de alta intensidade são uma alternativa viável para substituir fontes de luz halógenas, arcos de plasma e lasers na ativação de produtos destinados ao clareamento dental. A adição de corantes específicos nos géis clareadores para que esses absorvam determinados comprimentos de onda, podem surgir como uma alternativa para acelerar o processo de clareamento dental.

No presente trabalho foram utilizados LEDs que emitem luz azul, verde, amarela, laranja e vermelha. A luz azul é amplamente utilizada em odontologia, tanto em polimerização quanto na ativação do processo de clareamento dental com gel a base de peróxido de hidrogênio. Os comprimentos de onda no espectro do amarelo e do laranja não possuem nenhuma aplicação descrita em literatura. Já o comprimento de

onda vermelho, vem sendo utilizado em biomodulação a mais de trinta anos, por meio de lasers de baixa intensidade.

Recentemente, foi lançado no Brasil um equipamento que possui um LED verde para ativação de clareamento dental (Easy Green/Clean-Line, Taubaté, São Paulo). Sendo assim, esse comprimento de onda começa a ser utilizado com fins estéticos na odontologia.

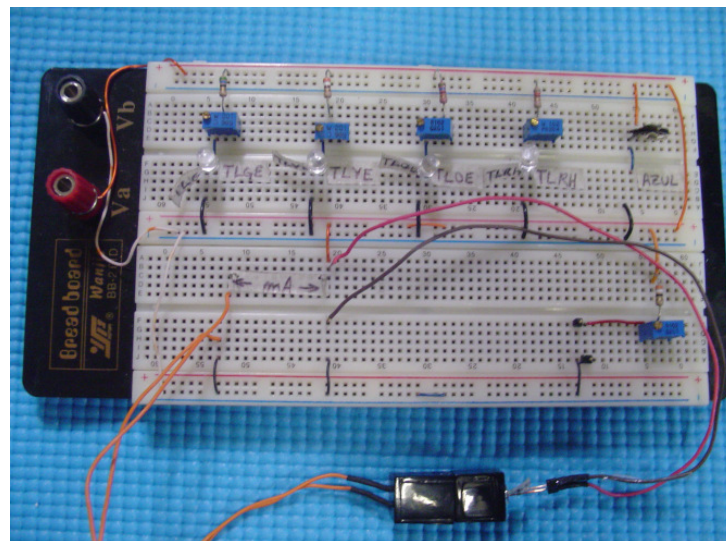
## 5 METODOLOGIA

O presente experimento divide-se em duas etapas, a análise do comportamento óptico e análise do comportamento térmico. Em ambos os experimentos foram utilizados os mesmos LEDs, descritos na TAB. 6. É interessante notar que devido à composição de cada diodo (para gerar diferentes comprimentos de onda), a intensidade luminosa  $I_v$  fornecida por cada LED é diferente um dos outros, apesar da tensão e da corrente de alimentação serem as mesmas.

**TABELA 5**  
**ESPECIFICAÇÃO DOS LEDS UTILIZADOS NO EXPERIMENTO**

LED	$\lambda$ [nm]	Tensão [V]	Corrente [mA]	$I_v$ [mcd]
azul	470	5	50	3000
verde	568	5	50	5000
amarelo	590	5	50	13000
laranja	612	5	50	15000
vermelho	644	5	50	10000

Para que todos os leds emitissem o mesmo fluxo radiante (W), foram utilizados controladores de resistência, a fim de modular a tensão de entrada dos LEDs. A bancada de testes foi montada em uma matriz de contato (*protoboard*), alimentado com uma fonte de 12 V (FIG. 12). Inicialmente, foi medido o fluxo radiante de todos os LEDs com o mínimo de resistência no circuito. Após a obtenção do maior fluxo radiante possível em cada LED, foi realizada uma modulação de intensidade, na qual todos os Leds emitiriam 0,8 mW. O valor baixo de intensidade se deve ao fato de não haver LEDs verdes com alto fluxo radiante.



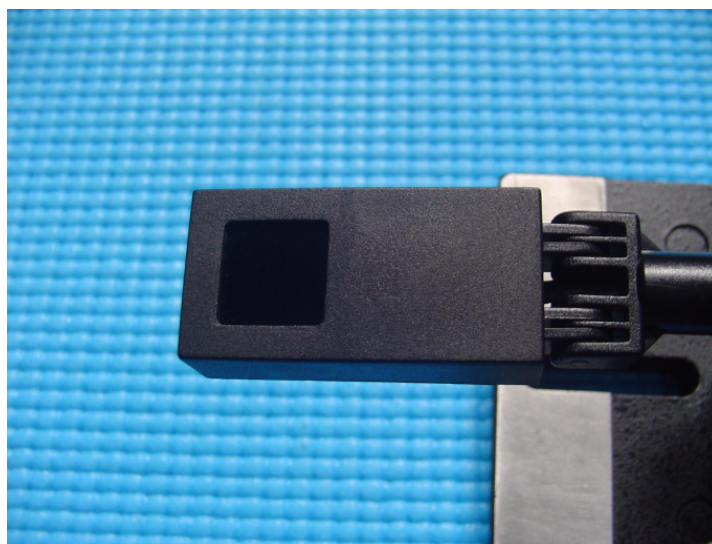
**FIGURA 12. BANCADA DE TESTES FOI MONTADA NA MATRIZ DE CONTATO**

A medição do fluxo radiante ou da potência luminosa dos LEDs foi realizada em uma unidade de leitura (Nova OPHIR – Israel ) demonstrado na FIG. 13, por meio de um fotodiodo (PD300 – OPHIR – Israel) evidenciado na FIG. 14.



**FIGURA 13. UNIDADE DE LEITURA DE POTÊNCIA LUMINOSA.**

Antes de cada experimento era feita uma nova calibração para aferir que todos os LEDs emitissem 0,8 W de energia luminosa.



**FIGURA 14. DETALHE DO FOTODIODO**

### **5.1 - Clareador Dental**

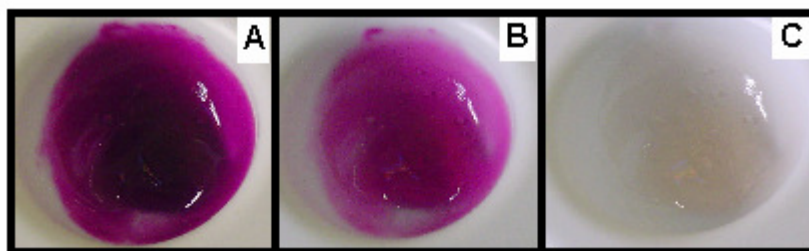
Os resultados apresentados neste trabalho são baseados na utilização do clareador a base de peróxido de hidrogênio a 35%, Whiteness HP e Whiteness HP Maxx, fabricado pela empresa FGM (FIG. 15).





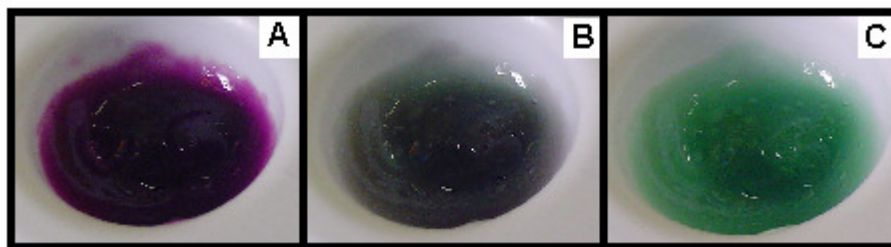
**FIGURA 15. WHITENESS HP E WHITENESS HP MAXX**

O produto Whiteness Hp, à base de peróxido de hidrogênio, possui um corante roxo (FIG. 16A), durante a reação química, o produto vai clareando (FIG. 16B) até se tornar transparente (FIG. 16C).



**FIGURA 16. PROCESSO DE REAÇÃO QUÍMICA DO WHITENESS HP**

O produto Whiteness HP Maxx, também à base de peróxido de hidrogênio, possui corantes de cor roxa, amarela e azul. No início da reação, o produto adquire a cor roxa (FIG. 17A) e ao longo do tempo o gel vai se tornando verde (FIG. 17C), esse produto não fica transparente com o passar do tempo.

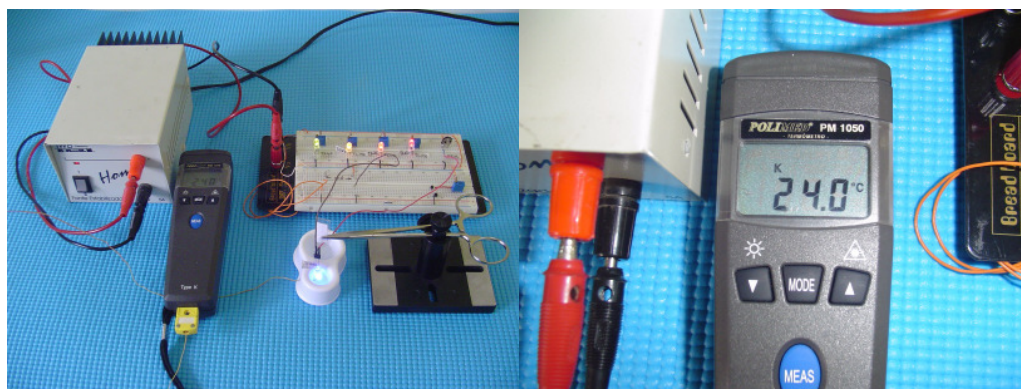


**FIGURA 17. PROCESSO DE REAÇÃO QUÍMICA DO WHITENESS HP MAXX**

Tanto o gel whitening Hp quanto o Whitening Hp Maxx devem ser manipulados utilizando a proporção de três gotas de peróxido de hidrogênio para uma gota de espessante. É nesse espessante que está presente o pigmento foto iniciador.

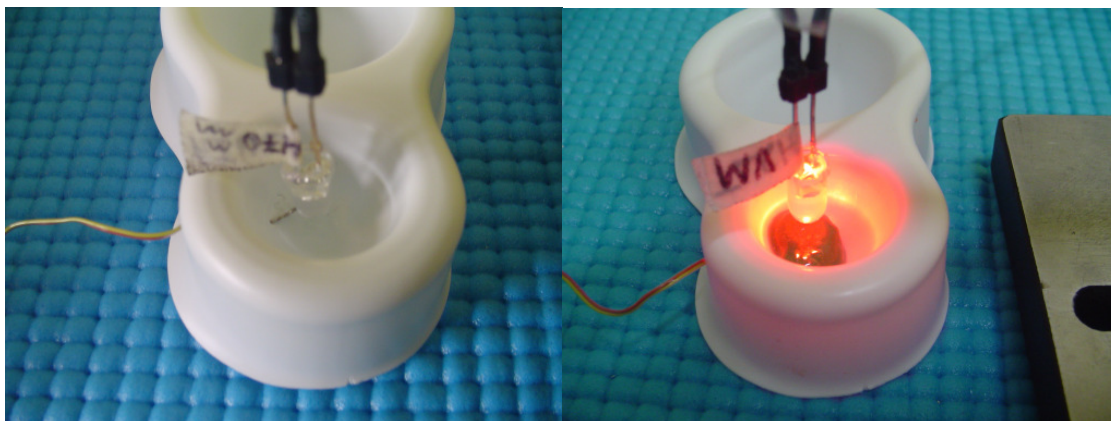
## 5.2 - Análise Térmica

Para realizar a variação da temperatura no interior do gel clareador foi utilizado um termopar do tipo K acoplado em uma unidade de leitura modelo PM-1050 (Polimed - Belo Horizonte, Brasil) como mostra a FIG. 18.



**FIGURA 18. BANCADA DE TESTE PARA ANÁLISE TÉRMICA**

A ponta do termopar foi introduzida no interior de um recipiente de plástico (FIG. 19A), e o gel clareador, depois de manipulado segundo as recomendações do fabricante, foi colocado sobre o termopar (FIG. 19 B).



**FIGURA 19. DETALHE DA BANCADA DE TESTES TÉRMICOS**

Para a manipulação dos géis clareadores foi determinado um período de 20 segundos, outros 10 segundos para a colocação do gel sobre o termo par e mais 30 segundos para posicionamento e acionamento do LED sobre o gel, totalizando um período de 1 minuto. A variação de temperatura foi monitorada por 5 minutos com intervalos de medição de 10 em 10 segundos. Foram utilizadas nove gotas de peróxido de Hidrogênio para três gotas de espessante, todo o gel manipulado foi colocado sobre o termopar. Para cada comprimento de onda foram feitas cinco leituras de temperatura.

Foi determinado o período de irradiação de cinco minutos para irradiação dos géis, tanto na análise de temperatura quanto na análise de transmissão, pelo fato de ser esse um período onde as mudanças de cor no Whiteness Hp, do roxo para o transparente, e no Whiteness Hp Maxx, do roxo para o verde já tivessem ocorrido em sua plenitude.

O LED emissor foi posicionado a uma distância entre 2 e 3 mm do gel clareador.

Utilizou-se um grupo controle, onde a temperatura do gel foi analisada sem que nenhum LED irradiasse a amostra.

### 5.3 - Análise Óptica

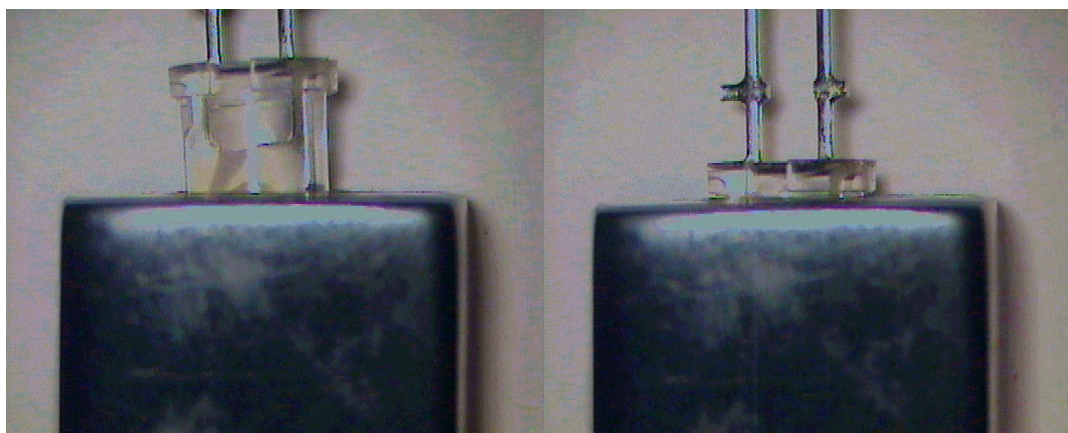
Para análise do comportamento óptico dos comprimentos de onda incidentes sobre os dois géis de clareamento dental foi desenvolvida uma bancada de testes para analisar a transmissão de um feixe de luz através de um determinado composto. Apesar de termos usado um gel de clareamento dental, qualquer produto que apresente transparência frente a um determinado comprimento de onda pode ser testado nessa bancada.

A bancada compunha-se de uma câmara, onde na parte inferior deste aparato existe um fotosensor denominado LDR (*Light Dependent Resistor*) representado na FIG. 20. Na parte superior, existe um orifício onde são acoplados os diferentes LEDs descritos anteriormente (FIG. 21). Na parte interior da câmara de testes existe um espaço para colocação do gel clareador, o qual ficará interposto entre o emissor (LED) e o receptor (LDR). Para que o gel clareador não entrasse em contato com a superfície do receptor, foi colocada uma pequena lâmina de acrílico transparente com 2mm de espessura sobre o receptor (FIG. 22). A parte superior é encaixada na parte inferior como mostra a FIG. 23.



**FIGURA 20 LDR.**

Nos trabalhos iniciais para elaboração da bancada, foi utilizado um fotodiodo. No entanto, era necessário que para cada comprimento de onda fosse utilizado um tipo diferente de fotodiodo. Isto dificultaria a comparação e a padronização dos dados. Sendo assim o LDR foi a opção de fotosensor mais viável para este tipo de experimento. O LDR utilizado apresentava resposta linear para a faixa espectral utilizada no experimento (470nm a 660nm)



**FIGURA 21. ENCAIXE DO LED NA PARTE SUPERIOR DA CÂMARA DE TESTES.**

O desenvolvimento da câmara de testes, assim como dos circuitos para leitura de tensão, foram aprimorados a partir de um protótipo desenvolvido no LABBIO para

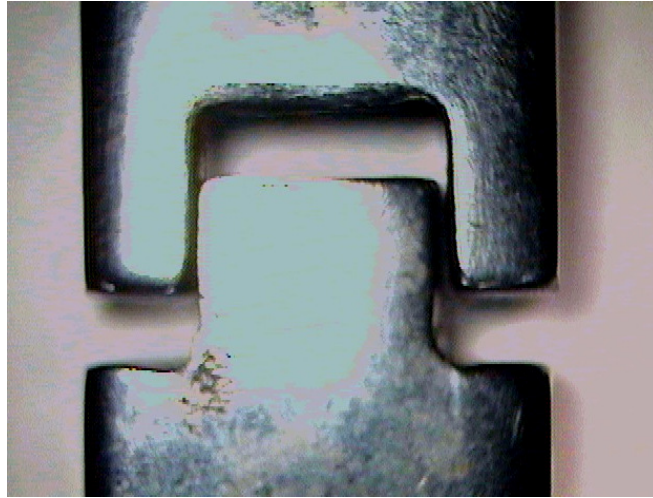
avaliar a penetração de feixe infravermelho em tecidos orgânicos como músculo bovino e para analisar o processo de coagulação sanguínea e a conseqüente formação de trombos.

Não foram encontrados na literatura trabalhos científicos que mostrassem a penetração do feixe de LEDs em tecidos orgânicos ou substâncias inorgânicas. No entanto, existem referências quanto à utilização de sistemas ópticos para avaliar a penetração de feixes de laser em tecidos orgânicos (KOLARI E AIRAKSINEN, 1993). Os trabalhos de Groth e colaboradores em 2000 e de Kolarova e colaboradores em 1999 utilizaram uma câmera CCD para avaliar a penetração do feixe laser em tecido muscular e epitelial, respectivamente. Lucas e colaboradores (2002) utilizaram um fotodiodo para quantificar a penetração de um feixe laser infravermelho de As:Ga:Al com comprimento de onda de 785 nm em músculo bovino.

O sistema óptico utilizado nesse experimento difere do trabalho de Lucas e colaboradores (2002) apenas na mudança do sensor óptico utilizado. No presente trabalho foi utilizado um LDR (*Light Dependent Resistor*), enquanto Lucas e colaboradores, como já citado, utilizaram um fotodiodo específico para infravermelho.



**FIGURA 22. PARTE INTERNA DA CÂMARA DE TESTES**



**FIGURA 23. ACOPLAMENTO DA PARTES DA CÂMARA DE TESTE.**

Antes de iniciar o experimento, a lâmina sem o gel foi posicionada entre o sensor e o emissor afim de que este seja calibrado.

Foi padronizado o período de 1 minuto para manipulação do gel, colocação do mesmo no interior da câmara de testes e acionamento dos LEDs. O padrão seguido foi o mesmo do experimento de análise térmica anteriormente descrito.

O perfil de transmissão do gel clareador frente à emissão de cada LED foi observado por um período de cinco minutos. Para cada comprimento de onda foram realizadas cinco leituras de transmissão. As médias das leituras foram utilizadas para análise estatística.

#### **5.4 – Dados Complementares - Espectrografia dos Componentes dos Clareadores Dentais.**

Para que se tivesse um fundamento para a discussão dos resultados, era necessário que se conhecessem os espectros de absorção dos componentes dos géis Whiteness HP e Whiteness HP Maxx.

Foi necessária a realização das espectrografias do peróxido de hidrogênio e dos espessantes de cada gel em separado. Isto é justificado, pois ao misturar os dois componentes produzir-se-ia uma reação química que, atrapalharia a análise no espectrômetro.

Utilizou-se um espectrômetro UV/Visível modelo Hp 8453 para determinar os espectros do peróxido de hidrogênio e dos espessantes do Whiteness Hp e Whiteness Hp Maxx.

Para executar a espectrografia do Whiteness Hp não foi necessário utilizar nenhum procedimento especial. No entanto, para execução da espectrografia do Whiteness Hp Maxx, a amostra apresentava-se turva, devido à presença de um espessante em sua composição. Por isso, fez-se necessária a filtragem para a separação do espessante e dos corantes azul e amarelo da amostra. Portanto, o resultado dessa espectrografia apresenta para o Whiteness Hp e Whiteness Hp Maxx uma curva de absorção bem semelhante, com o mesmo pico de absorção.

Devido a estes resultados, foram requisitados ao fabricante, os espectros dos componentes dos géis clareadores. A empresa FGM apenas forneceu a informação de que o espessante do Whiteness Hp Maxx possuía em sua composição, além do corante roxo citado, dois outros corantes, um azul e outro amarelo, que misturados dão a cor verde presente no final da reação entre o peróxido de hidrogênio e o espessante.



## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os espectros dos corantes presentes nos géis clareadores utilizados são apresentados na sessão 6.1 e servirão de base para discussão dos resultados obtidos nesse experimento.

Na sessão 6.2, os dados de leitura obtidos em miliampéres (mA) foram divididos pelo valor de referência onde o LDR era totalmente irradiado sem nenhum obstáculo, gerando um valor correspondente a cem por cento de radiação transmitida. Dessa forma, obteve-se um gráfico onde o eixo das ordenadas corresponde à porcentagem de luz transmitida através do gel e o eixo das abscissas corresponde ao período total de tempo de irradiação (300 segundos). Os dados utilizados nas figuras são relativos às médias das irradiações sobre os géis. As planilhas com os dados referentes a essas médias estão no anexo B.

Na sessão 6.3, os dados foram distribuídos em uma tabela onde é relacionado o valor da temperatura inicial do gel irradiado, o valor da temperatura final do gel irradiado, a variação da temperatura no período de 300 segundos. As planilhas com os dados referentes a essas médias estão no anexo C.

Na sessão 6.4 são apresentados os resultados das análises estatísticas dos perfis de transmissão de da variação de temperatura no início e no final da irradiação com os diferentes comprimentos de onda.

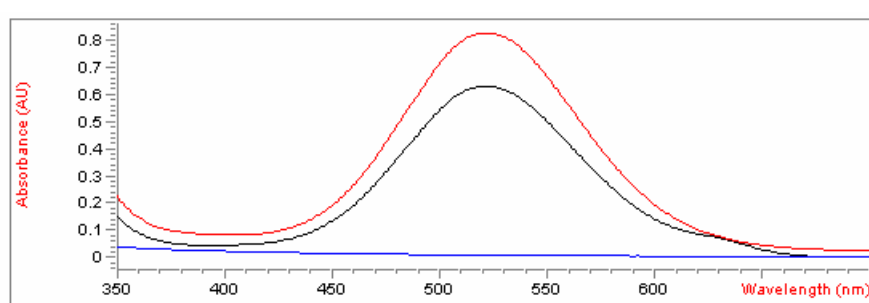
Considerações finais relativas aos resultados do experimento e a implicação dos mesmos na prática clínica da odontologia são descritas na sessão 6.5.

## 6.1 Espectros de Absorção

O GRA. 1 mostra o perfil de absorção do peróxido e hidrogênio a 50% e do corante roxo presente nos espessantes do Whiteness Hp e Whiteness Hp. O espectro varia de 350 nm (UV) até 700 nm (visível).

Percebe-se que o corante roxo é o mesmo para os dois géis, contudo, a concentração do corante roxo no gel Whiteness Hp é maior que a concentração no Whiteness Hp Maxx.

O peróxido de Hidrogênio não apresenta absorção no espectro visível (GRA. 1). A absorção dessa substância se dá no ultravioleta. Portanto, esta substância é transparente a qualquer dos comprimentos de onda utilizados nesse experimento.

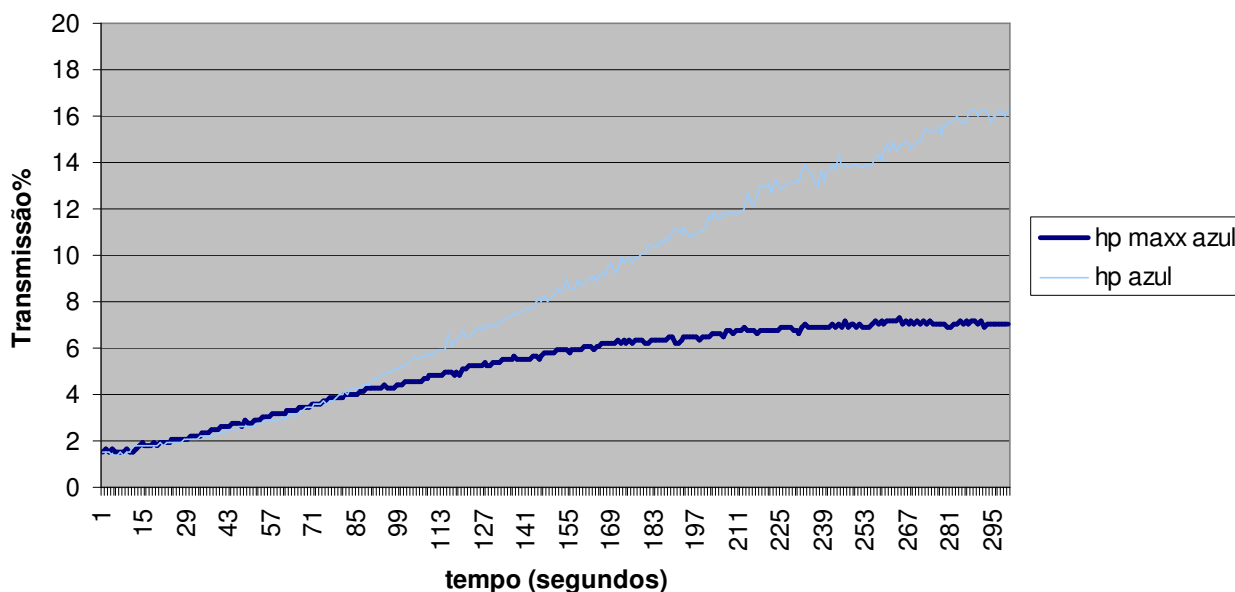


#	Substância	Pico (nm)	Abs (AU)
1	preto hp maxx	521,0	0,6306
2	vermelho - hp	521,0	0,8265
3	azul - peróxido	***	***

**GRÁFICO 1: PERFIL DE ABSORÇÃO DO PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO E DO PIGMENTO ROXO CONTIDO NO WHITENESS HP E WHITENESS HP MAXX**

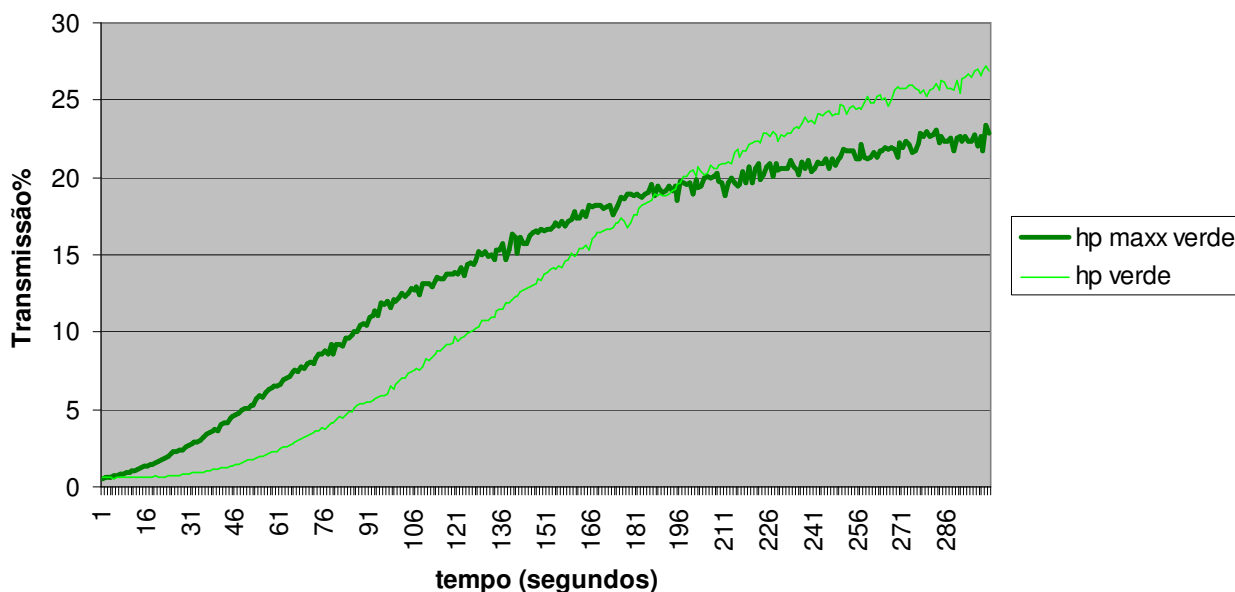
## 6.2 Perfil de Transmissão

O GRA. 2 mostra o perfil de transmissão da luz azul com comprimento de onda de 470nm nos géis clareadores Whiteness Hp e Whiteness Hp Maxx. Nos primeiros 90 segundo o comportamento dos dois géis é bem semelhante. Após esse período a transmissão da luz azul no gel Whiteness Hp Maxx apresenta-se bem menor quando comparada ao gel Whiteness Hp. Provavelmente isso ocorra devido à dissociação do corante roxo presente no gel Whiteness Hp, o qual é dissociado durante a reação de oxidação do peróxido de hidrogênio. Apesar de também possuir esse corante o gel Whiteness Hp Maxx possui outro corantes (azul e amarelo), os quais continuam absorvendo a luz azul, porém com eficiência menor que o corante roxo.



**GRÁFICO 2: TRANSMISSÃO DA LUZ AZUL ATRAVÉS DOS CLAREADORES WHITENESS HP E WHITENESS HP MAXX**

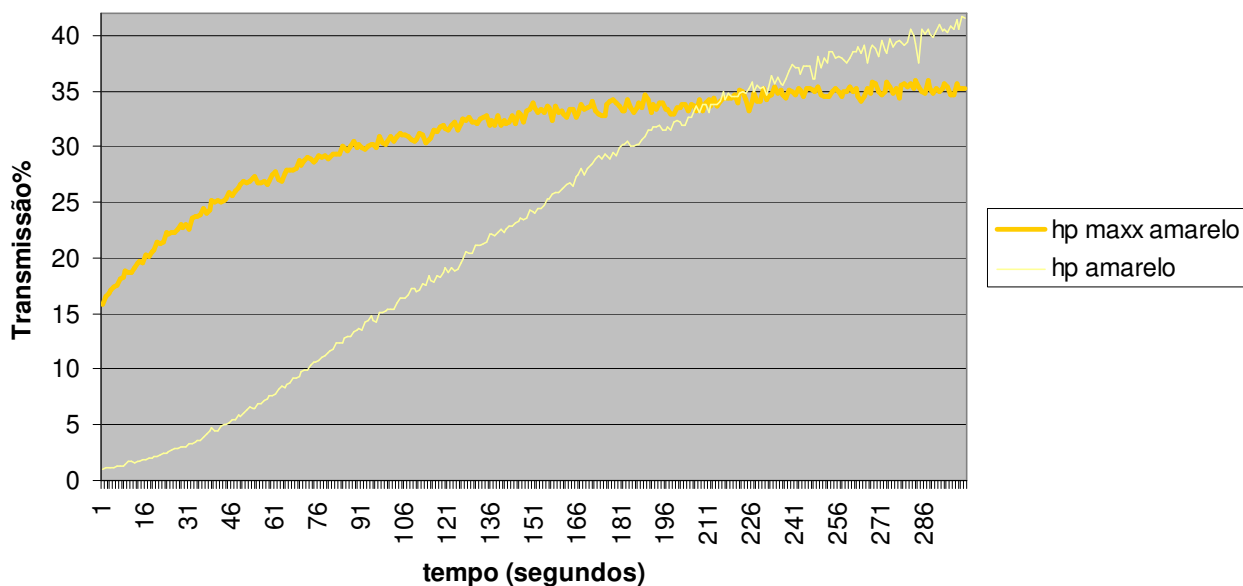
O GRA. 3 mostra o perfil de transmissão da luz verde com comprimento de onda de 568 nm nos géis clareadores Whiteness Hp e Whiteness Hp Maxx. Nos primeiros 195 segundos ocorre menor transmissão da luz verde no gel Whiteness Hp comparado ao gel Whiteness Hp Maxx. Após esse período ocorre uma inversão nesse processo. Sugere-se que isso ocorra devido a presença em maior quantidade do corante roxo, com pico de absorção de 521 nm, no Whiteness Hp. Após a dissociação desse corante, os corantes azul e amarelo presentes no Whiteness Hp Maxx, permitiriam que houvesse menor transmissão da luz verde no interior desse gel quando comparado ao Whiteness Hp.



**GRÁFICO 3: TRANSMISSÃO DA LUZ VERDE ATRAVÉS DOS CLAREADORES WHITENESS HP E WHITENESS HP MAXX**

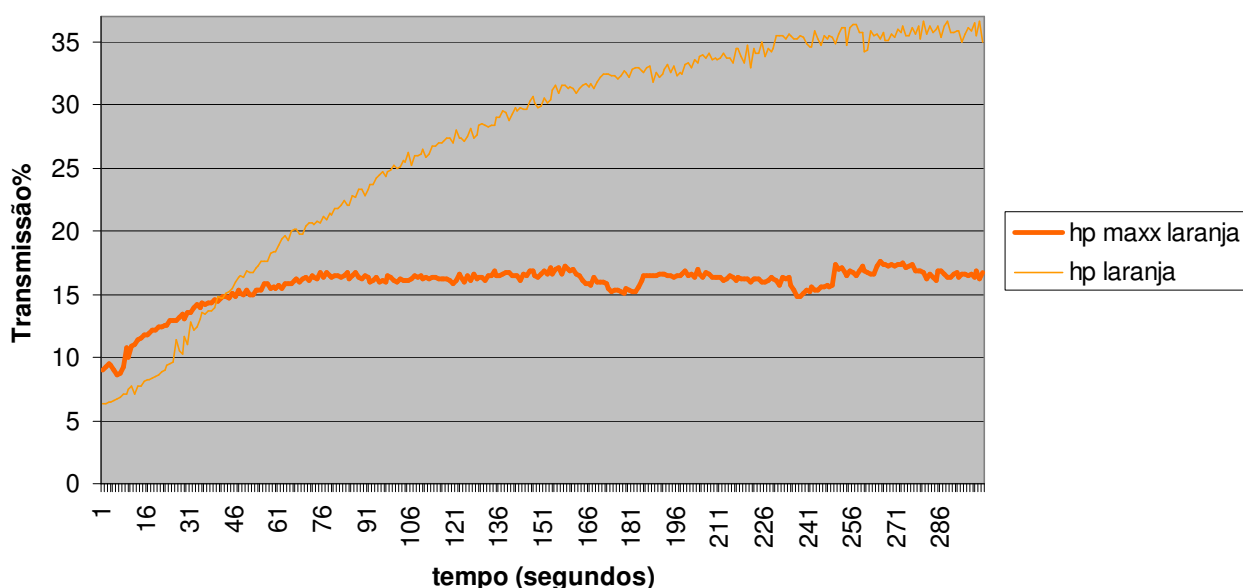
O GRA. 4 mostra o perfil de transmissão da luz amarela com comprimento de onda de 590 nm nos géis clareadores Whiteness Hp e Whiteness Hp Maxx. A transmissão da luz amarela no interior dos dois géis apresenta comportamentos bem distintos. No gel

Whiteness Hp a curva de transmissão da luz amarela é semelhante as curvas verificadas na transmissão da luz azul e da luz verde. Contudo, a transmissão desse comprimento de onda no interior do gel é bem maior quando comparado aos comprimentos de onda de 470 nm e 568 nm. No gel Whiteness Hp Maxx, a curva de transmissão apresenta uma variação menor entre a transmissão no início da reação e no final dos 300 segundos analisados. Essa menor variação ocorre devido ao índice inicial de transmissão ser alto e próximo do índice final de transmissão. Sugere-se que a presença do corante amarelo no Whiteness Hp Maxx aumente a transmissão da luz nesse gel, como esse corante não é dissociado na reação de oxidação do peróxido e hidrogênio, isso explicaria esse aumento da transmissão. No final da reação ocorre uma inversão nas curvas de transmissão e o gel Whiteness Hp Maxx passa a transmitir menos a luz amarela que o gel Whiteness Hp. Provavelmente isso ocorra devido a dissociação completa do corante roxo presente nos géis, e a permanência do corante azul presente no gel Whiteness Hp Maxx.



**GRÁFICO 4: TRANSMISSÃO DA LUZ AMARELA ATRAVÉS DOS CLAREADORES WHITENESS HP E WHITENESS HP MAXX**

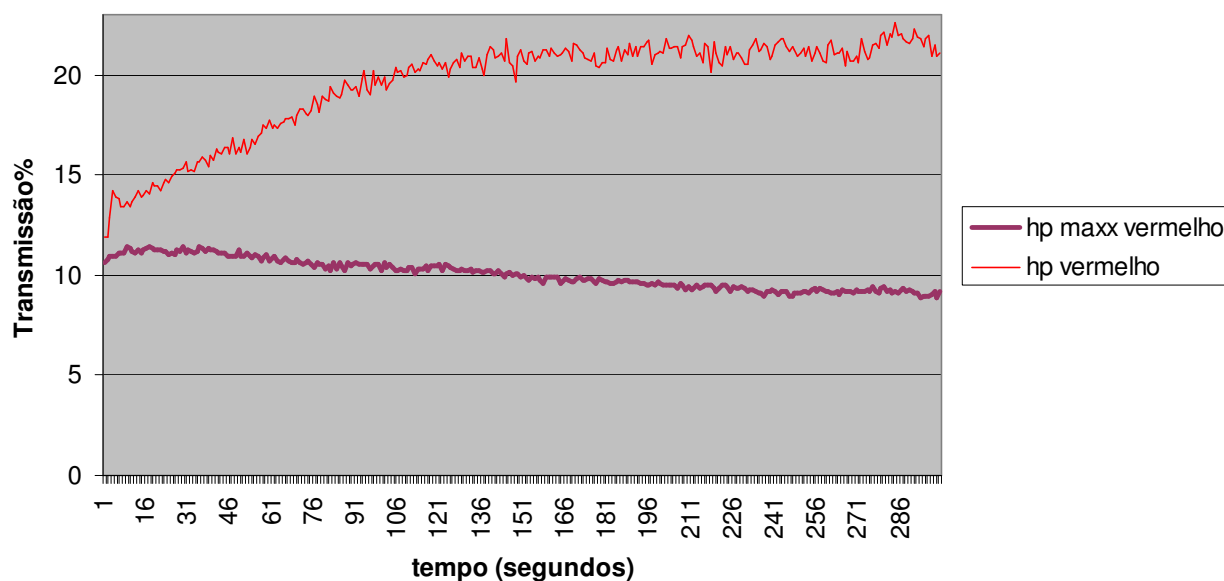
O GRA. 5 mostra o perfil de transmissão da luz laranja com comprimento de onda de 612 nm nos géis clareadores Whiteness Hp e Whiteness Hp Maxx. Nos primeiros 40 segundos ocorre menor transmissão da luz laranja no gel Whiteness Hp comparado ao gel Whiteness Hp Maxx. Após esse período ocorre uma inversão nesse processo, e a transmissão no gel Whiteness Hp Maxx torna-se significativamente menor quando comparada ao gel Whiteness Hp. Sugere-se que isso ocorra devido a dissociação do corante roxo presente em ambos os géis e a presença dos corantes a azul e amarelo no gel Whiteness Hp Maxx, que continuariam, apesar de em menor proporção, absorver a luz laranja.



**GRÁFICO 5: TRANSMISSÃO DA LUZ LARANJA ATRAVÉS DOS CLAREADORES WHITENESS HP E WHITENESS HP MAXX**

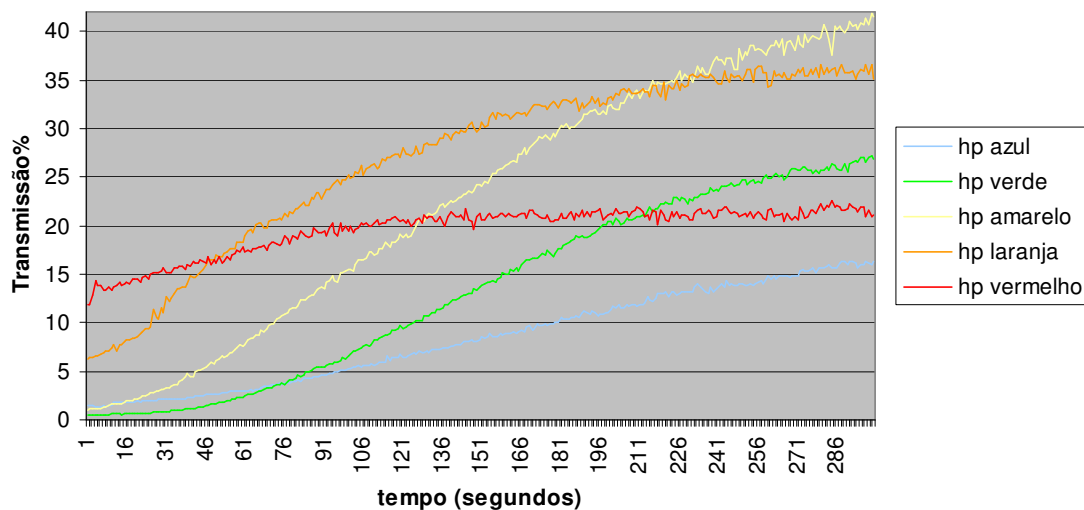
O GRA. 6 mostra o perfil de transmissão da luz vermelha com comprimento de onda de 644 nm nos géis clareadores Whiteness Hp e Whiteness Hp Maxx. Durante todo o processo a transmissão da luz no interior do gel Whiteness Hp Maxx foi menor do que a

transmissão no gel Whiteness Hp. O corante roxo presente em ambos os géis não absorve bem a luz vermelha, permitindo que boa parte da luz seja transmitida através dos géis. Contudo, os demais corantes presentes no gel Whiteness Hp Maxx continuam absorvendo a luz emitida em maior proporção do que no gel Whiteness Hp.



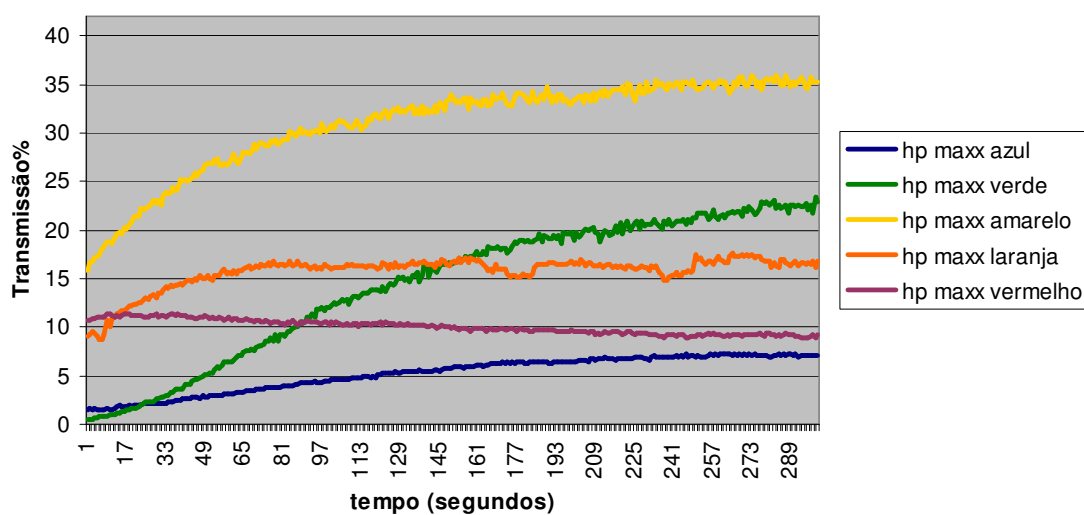
**GRÁFICO 6: TRANSMISSÃO DA LUZ VERMELHA ATRAVÉS DOS CLAREADORES WHITENESS HP E WHITENESS HP MAXX**

O GRA. 7 mostra o perfil de transmissão dos cinco comprimentos de onda utilizados no gel clareador Whiteness Hp. Nessa comparação fica evidente que a luz azul é menos transmitida no interior do gel Whiteness Hp. Nos primeiros 120 segundo, a luz verde também apresenta baixa transmissão.



**GRÁFICO 7: TRANSMISSÃO DOS DIVERSOS COMPRIMENTOS DE ONDA ATRAVÉS DO GEL WHITENESS HP**

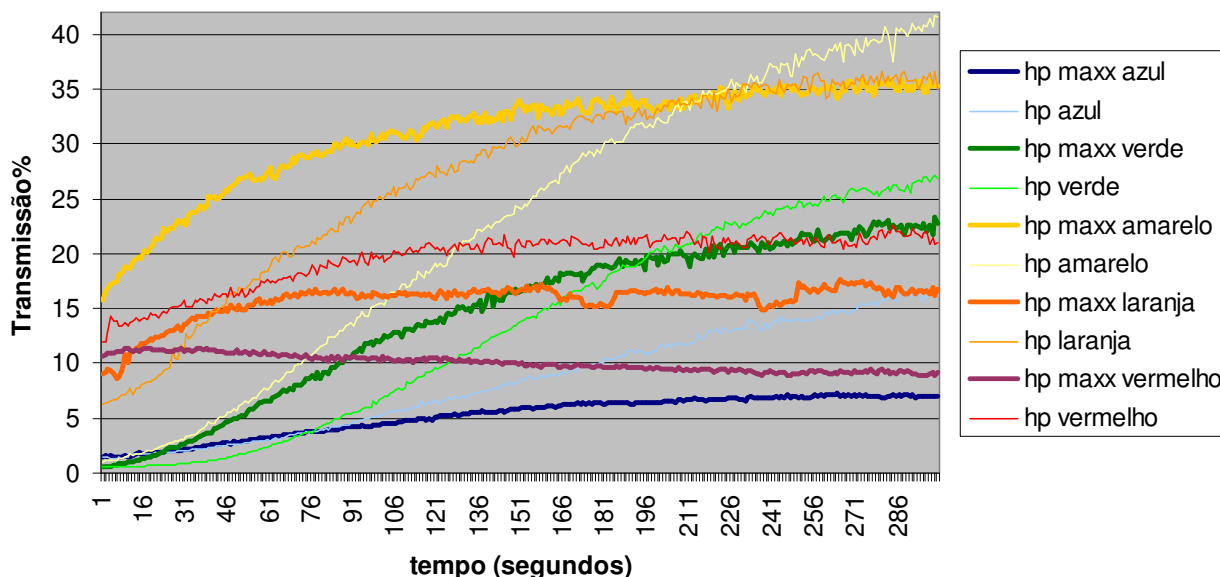
O GRA. 8 mostra o perfil de transmissão dos cinco comprimentos de onda utilizados no gel clareador Whiteness Hp Maxx. Com exceção dos primeiros 20 segundos, onde a luz verde menos transmitida, a luz azul é sem dúvida a que apresenta menor transmissão no interior do gel Whiteness Hp.



**GRÁFICO 8: TRANSMISSÃO DOS DIVERSOS COMPRIMENTOS DE ONDA ATRAVÉS DO GEL WHITENESS HP MAXX**



O GRA. 9 mostra o perfil de transmissão dos cinco comprimentos de onda utilizados géis clareadores Whiteness Hp e Whiteness Hp Maxx.



**GRÁFICO 9: TRANSMISSÃO DOS DIVERSOS COMPRIMENTOS DE ONDA ATRAVÉS DO GEL WHITENESS HP E WHITENESS HP MAXX**

Os LEDs com comprimento de onda azul (470 nm) foram os que apresentaram menor índice de transmissão através dos géis Whiteness HP e Whiteness HP Maxx quando o período de cinco minutos de irradiação é observado. Contudo, a transmissão no gel Whiteness HP Maxx (máximo de 7,31%) em condições semelhantes de tempo e de irradiação, mostrou-se estatisticamente significante em relação ao Whiteness HP (máximo de 16,55%).

Esses dados são relevantes, uma vez que o comprimento de onda azul é o mais utilizado na odontologia para realização de clareamento dental. Considerando que o aumento radiação incidente sobre a polpa, seja ela fornecida por um laser, LED, ou

mesmo um fotoativador convencional, provoca aumento da temperatura intrapulpar, a utilização de uma combinação ideal de comprimento de onda, tempo e pigmento fotoabsorvedor poderia diminuir essa possibilidade. Clinicamente, a diminuição da transmissão de luz incidente sobre o gel clareador diminuiria a quantidade de energia luminosa transmitida à polpa e, conseqüentemente, poderia diminuir efeitos indesejáveis como a sensibilidade dentária, que ocorre durante e após o processo de clareamento dental, tornando a técnica de clareamento mais segura do ponto de vista do cirurgião dentista e mais confortável do ponto de vista do paciente.

Como mostrado nos espectros de absorção do Whiteness Hp e Whiteness Hp Maxx, o pico de absorção ocorre em 521 nm. Nenhum dos LEDs utilizados no experimento possui esse pico de emissão, contudo os LEDs azul (470 nm) e verde (568 nm) são os que mais se aproximam desse pico. Tais dados justificam a menor transmissão da luz emitida por estes diodos no interior dos géis estudados.

No mercado, existe um equipamento que se enquadra nas reivindicações propostas no modelo de utilidade depositado no Instituto Nacional de Propriedade Intelectual. O equipamento chamado Easy Green, possui LEDs verdes e é fabricado pela empresa Clean-Line com sede em Taubaté, São Paulo. Os dados obtidos nesse experimento, assim como a utilização da luz verde em um equipamento comercial confirma a formulação da hipótese inicial de que um comprimento de onda diferente do azul pode ser usado para acelerar o processo de clareamento dental. Contudo, melhorias podem ser feitas nos géis para clareamento dental, tanto para os que usam luz azul, quanto para os que usam luz verde.

### 6.3 Variação de Temperatura no Interior do Gel

As TAB. 6, 7 e 8 mostram respectivamente as médias de temperatura inicial, de temperatura final e de variação de temperatura no interior das amostras irradiadas com os diversos comprimentos de onda, assim como as amostras do grupo controle

**TABELA 6**  
**VARIAÇÃO DA TEMPERATURA NO GEL WHITENESS HP**  
**E WHITENESS HP MAXX**

Gel Clareador	Controle Whiteness Hp	Controle Whiteness Hp Maxx
Temperatura Inicial °C.	33,8	33,7
Temperatura Final °C.	26,6	26,7
Variação de Temperatura °C.	7,2	7

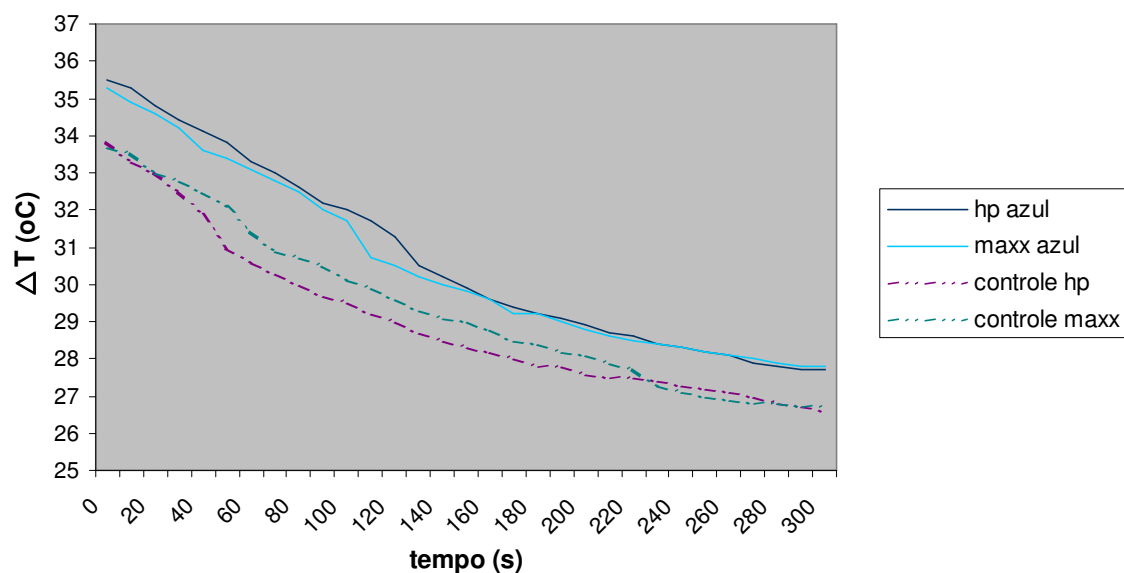
**TABELA 7**  
**VARIAÇÃO DA TEMPERATURA NO GEL WHITENESS HP QUANDO IRRADIADO**  
**POR DIFERENTES COMPRIMENTOS DE ONDA.**

Comprimento de onda	470nm	568nm	590nm	612nm	644nm
Temperatura Inicial °C.	35,5	35,7	35,4	34,5	34,5
Temperatura Final °C.	27,7	28,4	27,7	27,4	27,4
Variação de Temperatura °C.	7,8	7,3	7,7	7,1	7,1

**TABELA 8**  
**VARIAÇÃO DA TEMPERATURA NO GEL WHITENESS HP MAXX QUANDO**  
**IRRADIADO POR DIFERENTES COMPRIMENTOS DE ONDA.**

Comprimento de onda	470nm	568nm	590nm	612nm	644nm
Temperatura Inicial °C.	35,3	35,5	34,6	34,7	34
Temperatura Final °C.	27,8	28,9	27,4	27,7	27,6
Varição de Temperatura °C.	7,5	6,6	7,2	7	6,4

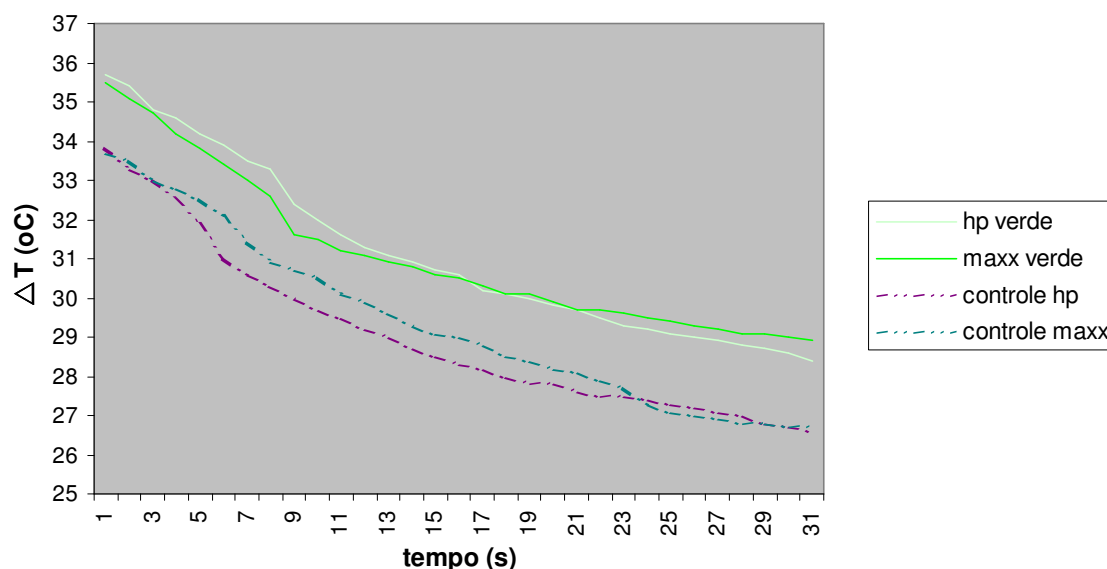
O GRA. 10 mostra a variação de temperatura nos géis clareadores Whiteness Hp e Whiteness Hp Maxx quando irradiados com luz azul de comprimento de onda de 470 nm comparados aos grupos controle.



**GRÁFICO 10: COMPORTAMENTO TÉRMICO DO WHITENESS HP E WHITENESS HP MAXX**  
**IRRADIADOS COM LUZ AZUL COMPARADOS AOS GRUPOS CONTROLE**

O comportamento térmico dos géis Whiteness Hp e Whiteness Hp Maxx quando irradiados pela luz azul (470 nm) apresentam grande semelhança, ambos retêm mais calor quando comparados aos respectivos grupos controle. Contudo, no período de 100 a 140 segundos, existe uma maior queda de temperatura no interior do gel Whiteness Hp Maxx do que no gel Whiteness Hp.

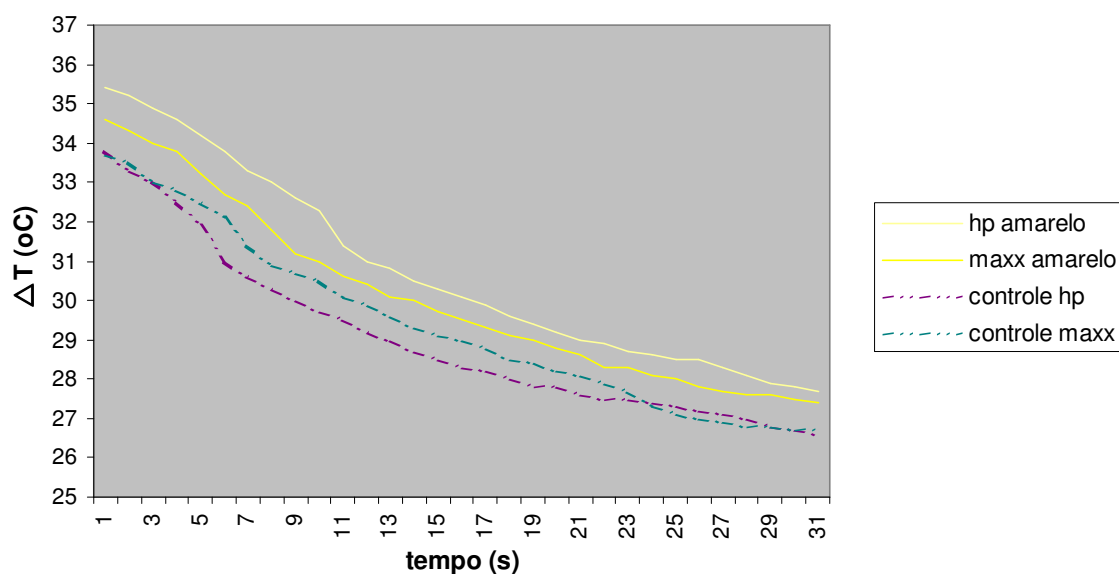
O GRA. 11 mostra a variação de temperatura nos géis clareadores Whiteness Hp e Whiteness Hp Maxx quando irradiados com luz verde com comprimento de onda de 568 nm comparados aos grupos controle.



**GRÁFICO 11: COMPORTAMENTO TÉRMICO DO WHITENESS HP E WHITENESS HP MAXX IRRADIADOS COM LUZ VERDE COMPARADOS AOS GRUPOS CONTROLE**

O comportamento térmico dos géis Whiteness Hp e Whiteness Hp Maxx quando irradiados pela luz verde (568 nm) também apresentam certa semelhança. Contudo, no período inicial, o Whiteness Hp Maxx retêm um pouco mais de calor. No intervalo de 140 a 220 segundos o comportamento térmico se torna bastante semelhante e, após esse período, o Whiteness Hp passa a reter mais calor.

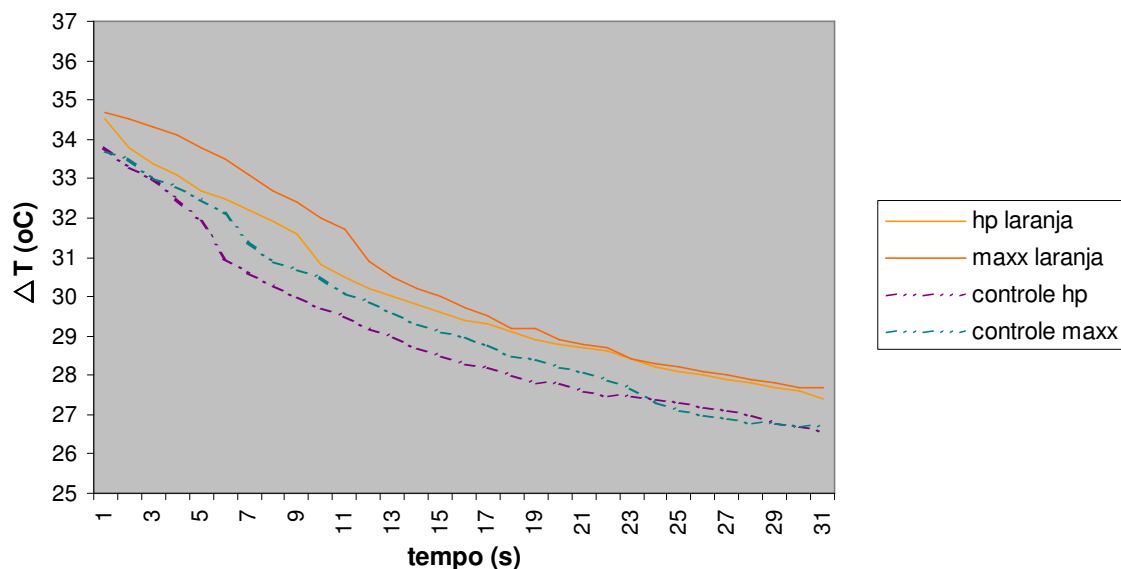
O GRA. 12 mostra a variação de temperatura nos géis clareadores Whiteness Hp e Whiteness Hp Maxx quando irradiados com luz amarela de comprimento de onda de 590 nm comparados aos grupos controle.



**GRÁFICO 12: COMPORTAMENTO TÉRMICO DO WHITENESS HP E WHITENESS HP MAXX IRRADIADOS COM LUZ AZUL COMPARADOS AOS GRUPOS CONTROLE**

Apesar de ter decaimento parecido, a variação de temperatura nos géis Whiteness Hp e Whiteness Hp Maxx quando irradiados pela luz amarela (590 nm), apresentam uma pequena diferença, onde o Whiteness Hp retêm mais calor durante todo o processo de irradiação.

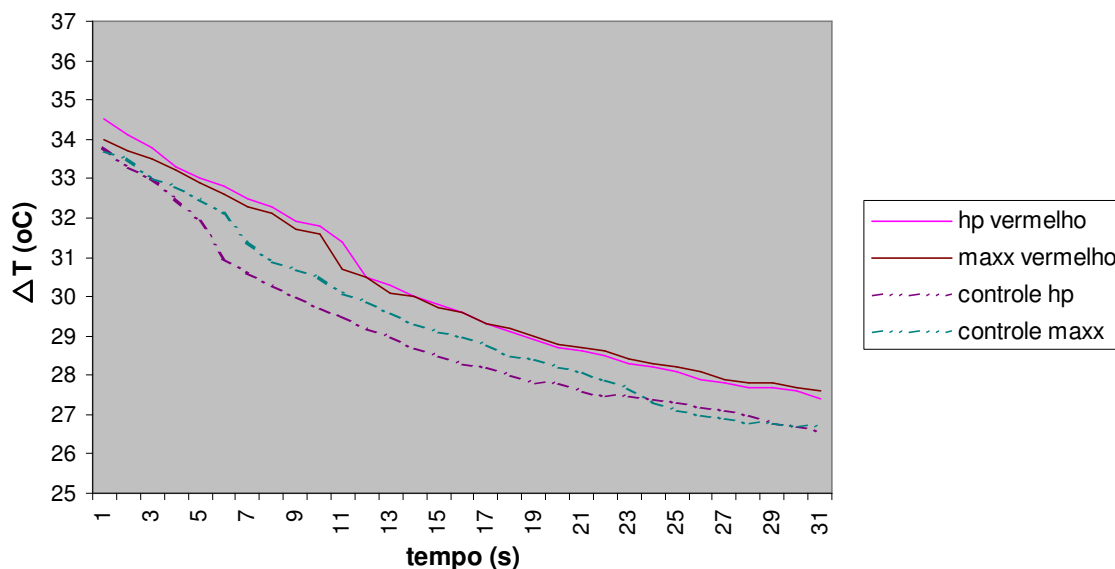
O GRA. 13 mostra a variação de temperatura nos géis clareadores Whiteness Hp e Whiteness Hp Maxx quando irradiados com luz laranja de comprimento de onda de 612 nm comparados aos grupos controle.



**GRÁFICO 13: COMPORTAMENTO TÉRMICO DO WHITENESS HP E WHITENESS HP MAXX IRRADIADOS COM LUZ LARANJA COMPARADOS AOS GRUPOS CONTROLE**

Quando irradiado pelo comprimento de onda laranja (612 nm), a tendência do gel Whiteness Hp Maxx é reter mais calor do que o Whiteness Hp. Esse fenômeno é mais evidente nos primeiros 230 segundos, após esse período o comportamento térmico dos dois géis comparados se tornam bastante semelhante, porém a temperatura no interior do Whiteness Hp Maxx continua maior durante todo o processo de irradiação.

O GRA. 14 mostra a variação de temperatura nos géis clareadores Whiteness Hp e Whiteness Hp Maxx quando irradiados com luz vermelha de comprimento de onda de 644 nm comparados aos grupos controle.

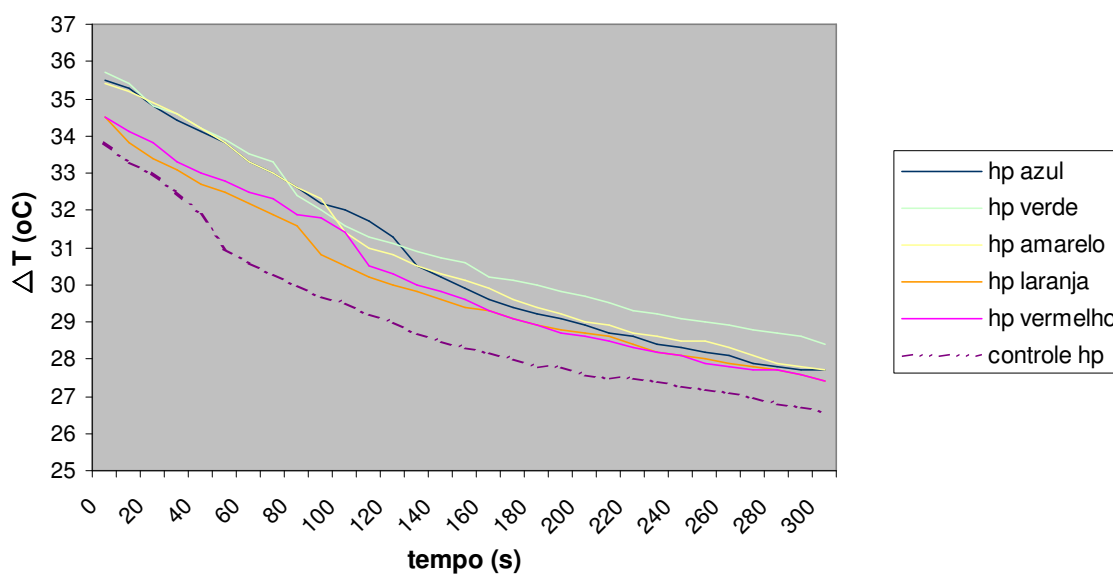


**GRÁFICO 14: COMPORTAMENTO TÉRMICO DO WHITENESS HP E WHITENESS HP MAXX IRRADIADOS COM LUZ VERMELHA COMPARADOS AOS GRUPOS CONTROLE**

O comportamento térmico dos géis Whiteness Hp e Whiteness Hp Maxx quando irradiados pela luz vermelha (644 nm) apresentam grande semelhança. Apesar disso, no gráfico vê-se que ocorre um decaimento de temperatura primeiro no Whiteness Hp Maxx do que no Whiteness Hp.

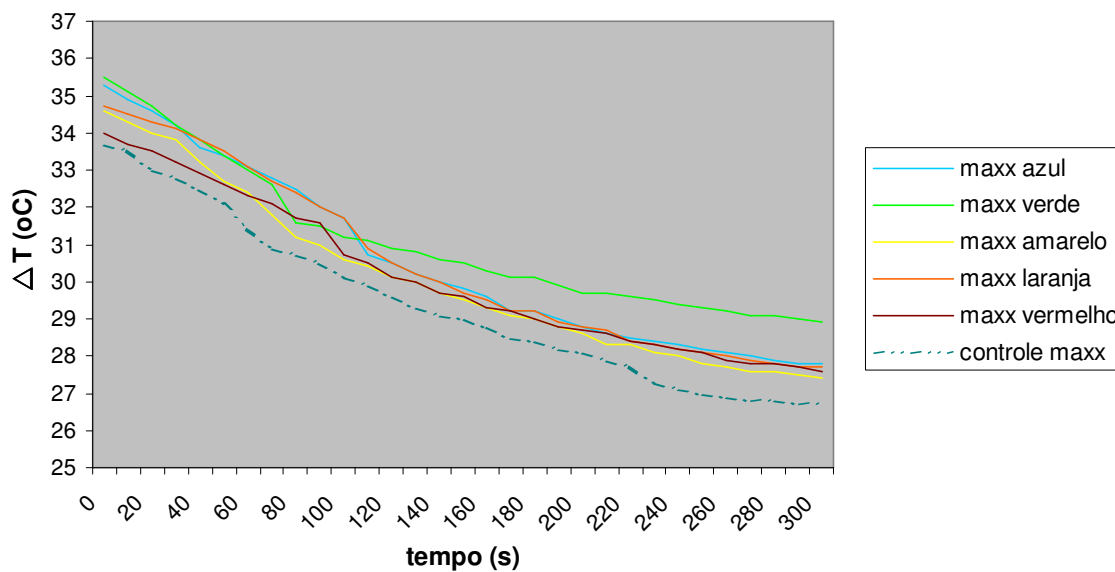
O GRA. 15 mostra a variação de temperatura no gel clareador Whiteness Hp quando irradiado com os comprimentos de onda de 470 nm, 568 nm, 590 nm, 612 nm e 644 nm comparados ao grupo controle do mesmo clareador.





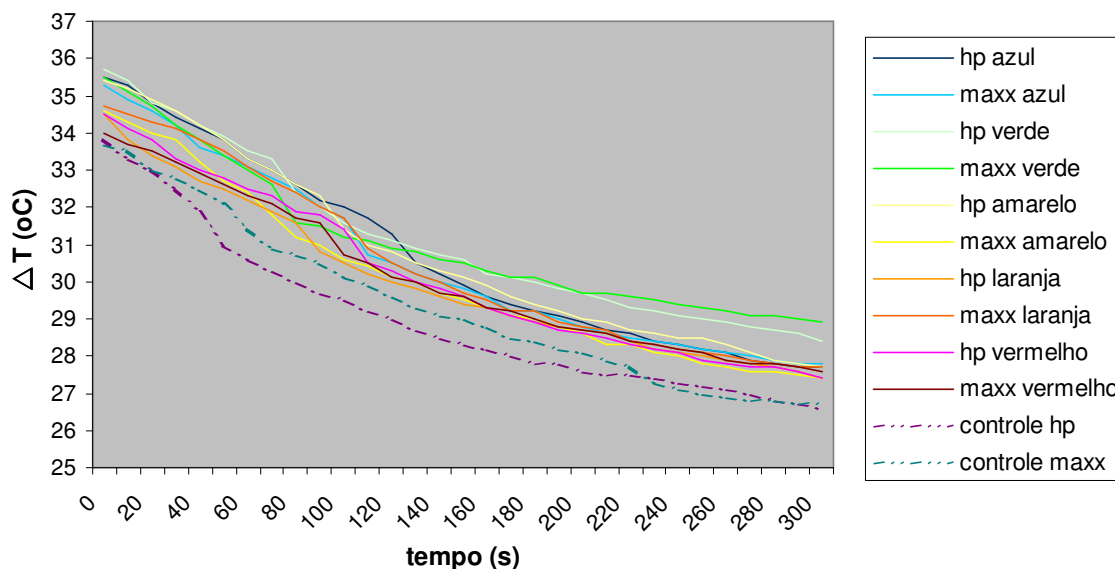
**GRÁFICO 15: COMPORTAMENTO TÉRMICO DO WHITENESS HP IRRADIADO COM DIFERENTES COMPRIMENTOS DE ONDA COMPARADOS AO GRUPO CONTROLE**

O GRA. 16 mostra a variação de temperatura no gel clareador Whiteness Hp Maxx quando irradiado com os comprimentos de onda de 470 nm, 568 nm, 590 nm, 612 nm e 644 nm comparado ao grupo controle do mesmo clareador.



**GRÁFICO 16: COMPORTAMENTO TÉRMICO DO WHITENESS HP MAXX IRRADIADOS COM DIFERENTES COMPRIMENTOS DE ONDA COMPARADOS AO GRUPO CONTROLE**

O GRA. 17 mostra a variação de temperatura nos géis clareadores Whiteness Hp e Whiteness Hp Maxx quando irradiados com os comprimentos de onda de 470 nm, 568 nm, 590 nm, 612 nm e 644 nm comparado aos grupos controle.



**GRÁFICO 17: COMPORTAMENTO TÉRMICO DO WHITENESS HP E WHITENESS HP MAXX IRRADIADOS COM DIFERENTES COMPRIMENTOS DE ONDA COMPARADOS AO GRUPO CONTROLE**

As curvas dos gráficos de comportamento térmico dos géis irradiados possuem uma geometria muito semelhante. Contudo, ao compará-las com o comportamento do grupo controle onde não houve irradiação dos géis, pode-se notar que, o aumento de inclinação da curva que ocorre por volta de 60 segundos nos grupos controles, é deslocado para direita, em média, aos 100 segundos nos outros grupos. Isso indica que absorção da luz pelos géis clareadores retém a energia luminosa na forma de calor no interior dos mesmos.

## 6.4 Análise Estatística

A transmissão de luz foi medida a cada um segundo, porém, a título de análise, consideraram-se as medições realizadas a cada um minuto. Já a temperatura do gel foi avaliada antes do experimento e após a finalização do mesmo. Ressaltando que se considerou uma amostra controle para a avaliação da temperatura do gel.

As medidas descritivas são apresentadas em tabelas com a média, mínimo, máximo, mediana e desvio padrão (d.p.). O valor de n refere-se ao tamanho da amostra avaliada.

Com o objetivo de avaliar o efeito dos fatores (gel e cor) na variação da transmissão de luz em até 5 minutos de avaliação foi utilizada a análise de variância baseada em um planejamento de medidas repetidas, ou seja, avaliou-se a influência de cada fator em vários momentos do acompanhamento. Portanto, além de avaliar a influência dos fatores é necessário avaliar a influência do fator tempo, bem como a interação entre fatores e tempo. Ressalta-se que quando a interação é significativa no modelo o resultado indica que há diferença no comportamento de um fator para cada nível do outro fator. E, quando a análise indica uma influência significativa de um ou mais fatores, utilizou-se o teste de comparações múltiplas de médias LSD (*Least Significant Difference*) para avaliar este efeito. Assim, quando a diferença observada entre duas medidas num fator for maior que o valor de LSD calculado, conclui-se que esta diferença é significativa.

As comparações entre os dois géis quanto à temperatura foi realizada utilizando-se o teste Mann-Whitney e a comparação entre as cores foi realizada utilizando-se o teste de Kruskal-Wallis. Estes testes têm como objetivo comparar duas (Mann-Whitney) e três ou mais amostras (Kruskal-Wallis) independentes em relação a uma medida de interesse, além disso, trata-se de um teste não paramétrico. Isto é, este teste não baseia-se na média e desvio-padrão e sim nos postos / posições (Rank - posição do

indivíduo na amostra) das medidas.

A comparação entre as avaliações da temperatura do gel realizadas antes e após o experimento foi realizada utilizando-se o teste de Wilcoxon que tem como objetivo comparar medidas realizadas na mesma unidade amostral. Trata-se de um teste não paramétrico.

Ressalta-se que para a variável temperatura do gel foram utilizados testes não-paramétricos, uma vez que os pressupostos da análise de variância não foram verificados.

Todos os resultados foram considerados significativos para uma probabilidade de significância inferior a 5% ( $p < 0,05$ ). Tendo, portanto, pelo menos 95% de confiança nas conclusões apresentadas.

#### **6.4.1 Transmissão de Luz**

A TAB. 9 mostra uma caracterização dos dados referente à transmissão de luz considerando-se o gel, a cor e o tempo de procedimento. Como pode ser observado, ocorre uma pequena variabilidade retratada pelo baixo coeficiente de variação (CV).

**TABELA 9**  
**MEDIDAS DESCRITIVAS DA VARIÁVEL TRANSMISSÃO DE LUZ**  
**CONSIDERANDO O GEL, COR E TEMPO DE ACOMPANHAMENTO**

*continua*

Gel	Cor	Tempo	<i>Medidas descritivas</i>				
			Mínimo	Máximo	Média	D.p.	CV
Hp	Amarela	1 seg.	0,922	1,098	1,010	0,082	8,12
		1 min.	6,851	7,949	7,598	0,431	5,67
		2 min.	18,665	19,324	19,060	0,248	1,30
		3 min.	29,205	30,435	29,864	0,450	1,51
		4 min.	36,847	38,296	37,374	0,549	1,47
		5 min.	41,238	41,853	41,546	0,273	0,66
	Laranja	1 seg.	6,193	6,400	6,276	0,083	1,32
		1 min.	17,754	18,827	18,332	0,392	2,14
		2 min.	25,516	27,870	26,961	0,873	3,24
		3 min.	31,503	32,700	32,164	0,428	1,33
		4 min.	34,228	35,508	34,806	0,468	1,34
		5 min.	34,847	35,178	35,012	0,127	0,36
	Azul	1 seg.	1,517	1,517	1,517	0,000	0,00
		1 min.	2,759	3,310	3,034	0,218	7,19
		2 min.	6,621	7,034	6,759	0,169	2,50
3 min.		9,931	10,207	10,069	0,098	0,97	
4 min.		13,379	13,793	13,517	0,169	1,25	
5 min.		16,000	16,552	16,276	0,218	1,34	
Verde	1 seg.	0,522	0,617	0,569	0,034	5,98	
	1 min.	2,230	2,514	2,324	0,116	4,99	
	2 min.	9,488	9,772	9,677	0,111	1,15	
	3 min.	17,505	17,647	17,552	0,058	0,33	
	4 min.	23,577	23,861	23,719	0,121	0,51	
	5 min.	26,565	27,040	26,898	0,190	0,71	
Vermelho	1 seg.	11,699	12,026	11,895	0,131	1,10	
	1 min.	17,190	19,020	17,712	0,741	4,18	
	2 min.	20,131	20,719	20,458	0,217	1,06	
	3 min.	18,170	21,569	20,588	1,398	6,79	
	4 min.	18,758	21,765	20,915	1,268	6,06	
	5 min.	20,784	21,307	21,046	0,222	1,05	

**TABELA 9**  
**MEDIDAS DESCRITIVAS DA VARIÁVEL TRANSMISSÃO DE LUZ**  
**CONSIDERANDO O GEL, COR E TEMPO DE ACOMPANHAMENTO**

Gel	Cor	Tempo	<i>Medidas descritivas</i>					conclusão
			Mínimo	Máximo	Média	D.p.	CV	
Hp Maxx	Amarela	1 seg.	15,547	16,118	15,810	0,224	1,42	
		1 min.	27,097	27,931	27,404	0,342	1,25	
		2 min.	31,357	31,928	31,664	0,23	0,73	
		3 min.	33,509	33,816	33,729	0,128	0,38	
		4 min.	34,827	35,090	34,914	0,103	0,30	
	5 min.	34,958	35,617	35,266	0,267	0,76		
	Laranja	1 seg.	8,877	9,166	9,001	0,105	1,17	
		1 min.	15,194	15,648	15,483	0,173	1,12	
		2 min.	15,731	16,061	15,896	0,131	0,82	
		3 min.	15,070	15,524	15,318	0,168	1,10	
		4 min.	15,070	15,524	15,318	0,213	1,39	
	5 min.	16,557	17,011	16,763	0,173	1,03		
	Azul	1 seg.	1,379	1,655	1,517	0,138	9,10	
		1 min.	3,034	3,310	3,172	0,138	4,35	
		2 min.	4,828	5,517	5,103	0,276	5,41	
		3 min.	5,931	6,621	6,207	0,258	4,16	
		4 min.	6,621	7,172	6,897	0,218	3,16	
	5 min.	6,759	7,310	7,034	0,195	2,77		
	Verde	1 seg.	0,474	0,569	0,522	0,034	6,51	
		1 min.	6,309	6,594	6,499	0,111	1,71	
		2 min.	13,520	13,994	13,852	0,193	1,39	
		3 min.	18,121	19,070	18,833	0,403	2,14	
		4 min.	20,114	20,588	20,398	0,177	0,87	
	5 min.	22,486	23,008	22,818	0,198	0,87		
	Vermelho	1 seg.	10,392	10,915	10,654	0,191	1,79	
1 min.		10,000	11,176	10,719	0,474	4,42		
2 min.		10,131	10,850	10,458	0,303	2,90		
3 min.		9,216	10,196	9,673	0,421	4,35		
4 min.		9,020	9,542	9,281	0,245	2,64		
5 min.	8,627	9,477	9,150	0,324	3,54			

A TAB. 10 mostra a análise de variância para identificação dos fatores que influenciam na transmissão da luz no interior do gel. Foram relacionadas às diversas fontes de variação (gel, cor da luz, tempo), independentemente, e correlacionadas entre si.

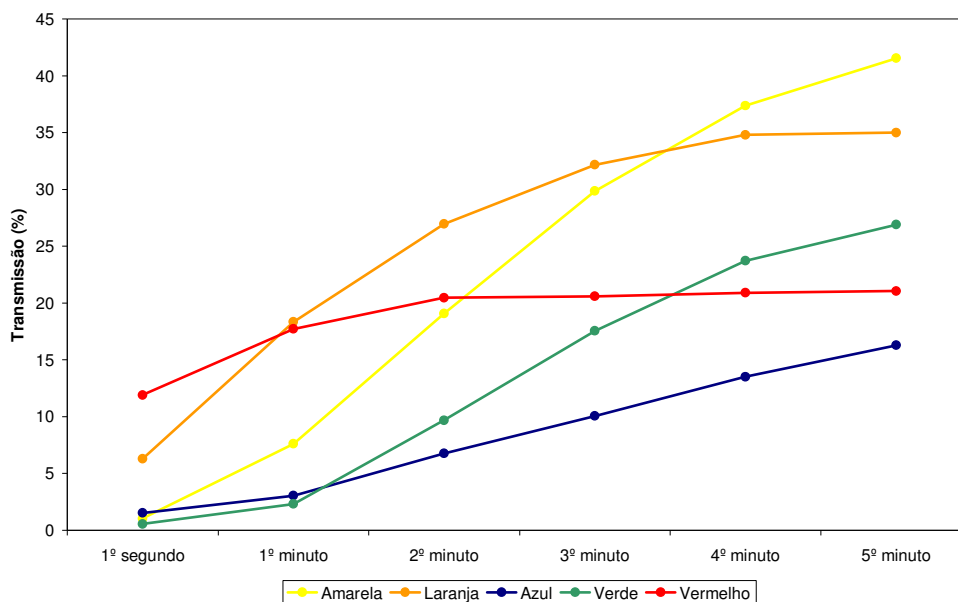
**TABELA 10**  
**ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA IDENTIFICAR OS FATORES**  
**QUE INFLUENCIAM A TRANSMISSÃO DE LUZ**

<i>Fonte de variação</i>	<b>F</b>	<b>p</b>
Gel	3.206,98	<b>0,0001</b>
Cor	13.746,34	<b>0,0001</b>
Gel x Cor	3.335,79	<b>0,0001</b>
Tempo	18.355,42	<b>0,0001</b>
Tempo x Gel	3.379,23	<b>0,0001</b>
Tempo x Cor	1.565,44	<b>0,0001</b>
Tempo x Gel x Cor	365,86	<b>0,0001</b>

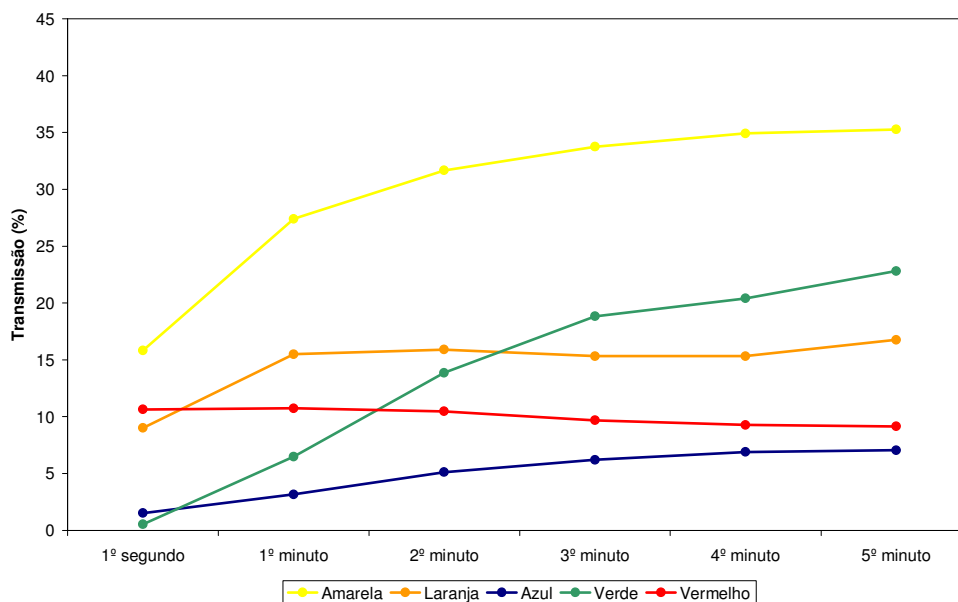
Os GRA. 18 a 24 avaliam as mudanças ocorridas na transmissão da luz no interior dos géis estudados. Para critério de análise foram utilizados períodos de 1 em 1 minuto para compor a variável tempo.

A TAB. 11 compara a transmissão de luz no interior dos géis analisados comparando duas variáveis, o gel e o comprimento de onda (cor da luz). Na TAB. 12 a transmissão de luz e comparada analisando-se as variáveis gel e tempo de reação. Já na TAB. 13, as variáveis analisadas são o comprimento de onda e o tempo de reação.





**GRÁFICO 18: AVALIAÇÃO DAS MUDANÇAS OCORRIDAS AO LONGO DO TEMPO NA VARIÁVEL TRANSMISSÃO DE LUZ CONSIDERANDO-SE O GEL WHITENESS HP**



**GRÁFICO 19: AVALIAÇÃO DAS MUDANÇAS OCORRIDAS AO LONGO DO TEMPO NA VARIÁVEL TRANSMISSÃO DE LUZ CONSIDERANDO-SE O GEL WHITENESS HP MAXX**

**TABELA 11**  
**ANÁLISE COMPARATIVA DA VARIÁVEL TRANSMISSÃO DE LUZ ENTRE OS TEMPOS DE**  
**ACOMPANHAMENTO CONSIDERANDO-SE O GEL E A COR**

Gel	Cor	Tempo de avaliação						Comparação
		1º s.	1º m.	2º m.	3º m.	4º m.	5º m.	
HP	Amarela	1,010	7,598	19,060	29,864	37,374	41,546	$T_1 < T_2 < T_3 < T_4 < T_5 < T_6$
	Laranja	6,276	18,332	26,961	32,164	34,806	35,012	$T_1 < T_2 < T_3 < T_4 < (T_5 = T_6)$
	Azul	1,517	3,034	6,759	10,069	13,517	16,276	$T_1 < T_2 < T_3 < T_4 < T_5 < T_6$
	Verde	0,569	2,324	9,677	17,552	23,719	26,898	$T_1 < T_2 < T_3 < T_4 < T_5 < T_6$
	Vermelho	11,895	17,712	20,458	20,588	20,915	21,046	$T_1 < T_2 < (T_3 = T_4) < (T_5 = T_6)$
HP	Amarela	15,810	27,404	31,664	33,729	34,914	35,266	$T_1 < T_2 < T_3 < T_4 < T_5 < T_6$
MAXX	Laranja	9,001	15,483	15,896	15,318	15,318	16,763	$T_1 < (T_5, = T_4 = T_2 = T_3) < T_6$
	Azul	1,517	3,172	5,103	6,207	6,897	7,034	$T_1 < T_2 < T_3 < T_4 < (T_5 = T_6)$
	Verde	0,522	6,499	13,852	18,833	20,398	22,818	$T_1 < T_2 < T_3 < T_4 < T_5 < T_6$
	Vermelho	10,654	10,719	10,458	9,673	9,281	9,150	$(T_6 = T_5 = T_4) < (T_3 = T_1 = T_2)$

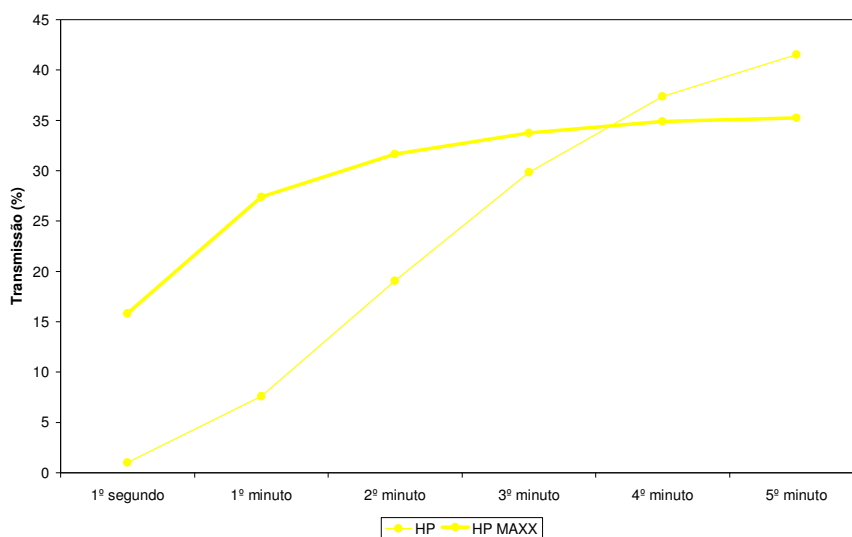
**Nota:**  $T_1 \rightarrow$  avaliação no 1º segundo       $T_2 \rightarrow$  avaliação no 1º minuto  
 $T_3 \rightarrow$  avaliação no 2º minuto       $T_4 \rightarrow$  avaliação no 3º minuto  
 $T_5 \rightarrow$  avaliação no 4º minuto       $T_6 \rightarrow$  avaliação no 5º minuto

Os resultados mostraram que os três fatores avaliados (gel, comprimento de onda e tempo) exercem influência significativa na transmissão de luz. Além disso, as interações entre os fatores também foram significativas. Isto significa que o comportamento de um determinado fator não é constante em cada nível dos demais fatores. Assim, as comparações entre os níveis de cada fator devem ser realizadas considerando-se os níveis dos demais fatores. (TAB. 10).

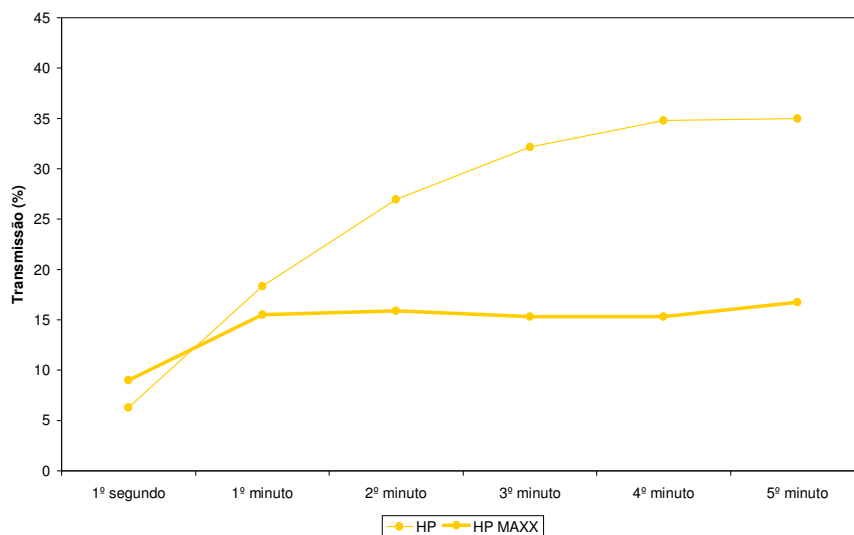
**TABELA 12**  
**ANÁLISE COMPARATIVA DA VARIÁVEL TRANSMISSÃO DE LUZ ENTRE AS**  
**CORES CONSIDERANDO-SE O GEL E O TEMPO DE ACOMPANHAMENTO**

Gel	Tempo	Cor					Comparação
		Amarela	Laranja	Azul	Verde	Vermelho	
HP	1 seg.	1,010	6,276	1,517	0,569	11,895	$C_5 > C_2 > (C_3 = C_1 = C_4)$
	1 min.	7,598	18,332	3,034	2,324	17,712	$C_2 > C_5 > C_1 > C_3 > C_4$
	2 min.	19,060	26,961	6,759	9,677	20,458	$C_2 > C_5 > C_1 > C_4 > C_3$
	3 min.	29,864	32,164	10,069	17,552	20,588	$C_2 > C_1 > C_5 > C_4 > C_3$
	4 min.	37,374	34,806	13,517	23,719	20,915	$C_1 > C_2 > C_4 > C_5 > C_3$
5 min.	41,546	35,012	16,276	26,898	21,046	$C_1 > C_2 > C_4 > C_5 > C_3$	
HP MAXX	1 seg.	15,810	9,001	1,517	0,522	10,654	$C_1 > C_5 > C_2 > C_3 > C_4$
	1 min.	27,404	15,483	3,172	6,499	10,719	$C_1 > C_2 > C_5 > C_4 > C_3$
	2 min.	31,664	15,896	5,103	13,852	10,458	$C_1 > C_2 > C_4 > C_5 > C_3$
	3 min.	33,729	15,318	6,207	18,833	9,673	$C_1 > C_4 > C_2 > C_5 > C_3$
	4 min.	34,914	15,318	6,897	20,398	9,281	$C_1 > C_4 > C_2 > C_5 > C_3$
5 min.	35,266	16,763	7,034	22,818	9,150	$C_1 > C_4 > C_2 > C_5 > C_3$	

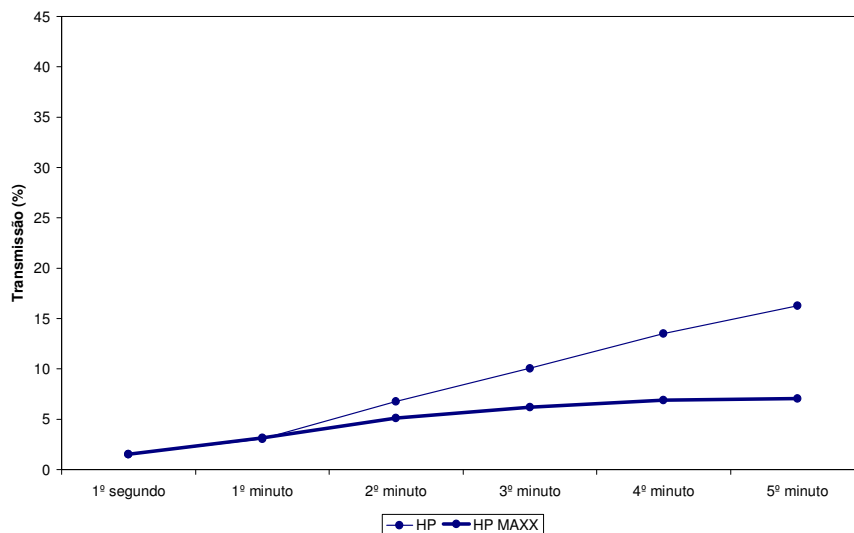
**Nota:** C<sub>1</sub> → amarela C<sub>2</sub> → laranja C<sub>3</sub> → azul C<sub>4</sub> → verde C<sub>5</sub> → vermelho



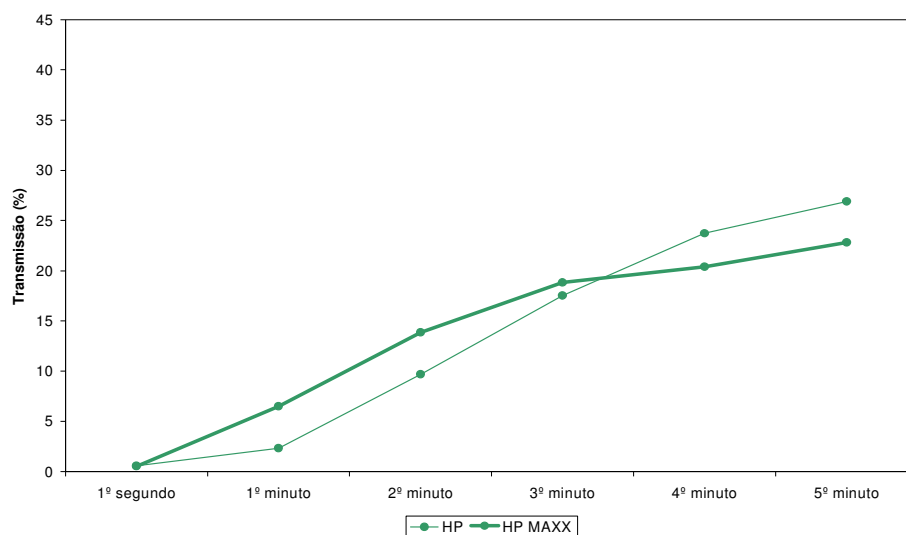
**GRÁFICO 20: AVALIAÇÃO COMPARATIVA ENTRE OS DOIS GÉIS EM RELAÇÃO À**  
**VARIÁVEL TRANSMISSÃO DE LUZ CONSIDERANDO-SE A COR AMARELA**  
**E O TEMPO DE ACOMPANHAMENTO**



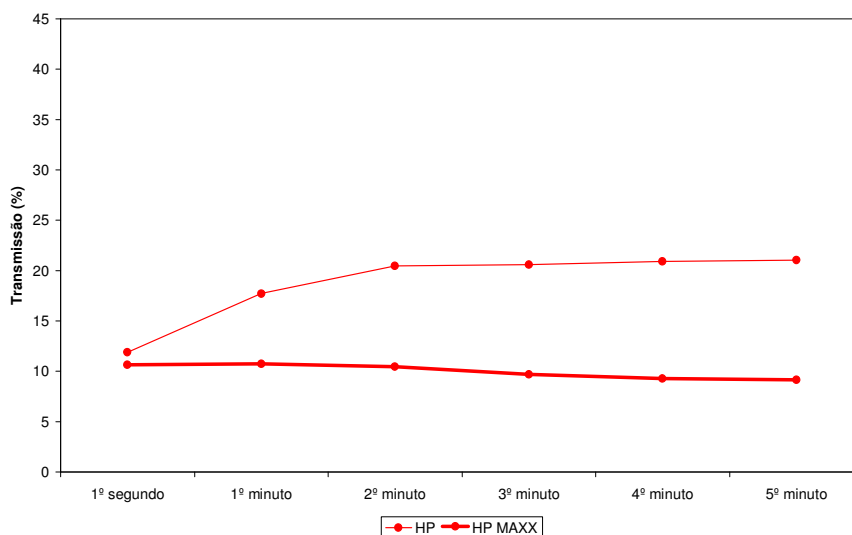
**GRÁFICO 21: AVALIAÇÃO COMPARATIVA ENTRE OS DOIS GÉIS EM RELAÇÃO À VARIÁVEL TRANSMISSÃO DE LUZ CONSIDERANDO-SE A COR LARANJA E O TEMPO DE ACOMPANHAMENTO**



**GRÁFICO 22: AVALIAÇÃO COMPARATIVA ENTRE OS DOIS GÉIS EM RELAÇÃO À VARIÁVEL TRANSMISSÃO DE LUZ CONSIDERANDO-SE A COR AZUL E O TEMPO DE ACOMPANHAMENTO**



**GRÁFICO 23: AVALIAÇÃO COMPARATIVA ENTRE OS DOIS GÉIS EM RELAÇÃO À VARIÁVEL TRANSMISSÃO DE LUZ CONSIDERANDO-SE A COR VERDE E O TEMPO DE ACOMPANHAMENTO**



**GRÁFICO 24: AVALIAÇÃO COMPARATIVA ENTRE OS DOIS GÉIS EM RELAÇÃO À VARIÁVEL TRANSMISSÃO DE LUZ CONSIDERANDO-SE A COR VERMELHO E O TEMPO DE ACOMPANHAMENTO**

Em relação à evolução ao longo do tempo, observou-se um crescimento constante, ou seja, a cada minuto houve um aumento significativo da transmissão de luz nos seguintes casos: gel Whiteness Hp (comprimento de onda amarelo, azul e verde) e gel

Whiteness Hp Maxx (comprimento de onda amarelo e verde). Nas demais situações também foram verificadas um aumento significativo ao longo do tempo, porém, com momentos de estabilização. Deve ser ressaltado apenas o caso do gel Whiteness Hp Maxx irradiado com comprimento de onda vermelho, onde se observou uma redução significativa a partir do 3º minuto. Não se encontrou uma explicação plausível para essa redução de transmissão.

Quanto às diferenças observadas entre os comprimentos de onda aplicados, considerando-se o gel Whiteness Hp Maxx foi identificado uma maior transmissão de luz quando se utilizou o comprimento de onda amarelo e uma menor transmissão para o comprimento de onda azul. Este resultado foi verificado em todo o experimento, com exceção no início do estudo em que a menor transmissão de luz foi verificada no comprimento de onda verde. Já para o gel Whiteness Hp, a partir do 2º minuto foi verificada uma menor transmissão de luz no comprimento de onda azul e uma maior transmissão de luz no comprimento de onda laranja no 2º e 3º minuto e no comprimento de onda amarelo no 4º e 5º minuto. No 1º segundo observou-se uma similaridade entre os comprimentos de onda azul, verde e amarelo apresentando uma menor transmissão de luz e uma maior transmissão no comprimento de onda vermelho. E, no 1º minuto foi identificado uma maior transmissão de luz no comprimento de onda vermelho e um menor no comprimento de onda verde.

A comparação entre os dois géis não mostrou diferenças significativas apenas na utilização do comprimento de onda verde no 1º segundo do experimento. Considerando-se o comprimento de onda amarelo até o 3º minuto do experimento, o comprimento de onda laranja no 1º segundo e no comprimento de onda verde entre o 1º e o 3º minuto observou-se uma maior transmissão de luz quando se utilizou o gel Whiteness Hp Maxx. Nas demais situações, foram verificadas maior transmissão de luz quando foi utilizado o gel Whiteness Hp. Esses resultados podem ser avaliados nos GRAF. 18 a 24 e nas TAB. 11 a 13.

**TABELA 13**  
**ANÁLISE COMPARATIVA DA VARIÁVEL TRANSMISSÃO DE LUZ ENTRE OS**  
**GÉIS CONSIDERANDO-SE A COR E O TEMPO DE ACOMPANHAMENTO**

Cor	Tempo	Gel		Comparação
		HP	HP MAXX	
Amarela	1 seg.	1,010	15,810	$G_1 < G_2$
	1 min.	7,598	27,404	$G_1 < G_2$
	2 min.	19,060	31,664	$G_1 < G_2$
	3 min.	29,864	33,729	$G_1 < G_2$
	4 min.	37,374	34,914	$G_1 > G_2$
	5 min.	41,546	35,266	$G_1 > G_2$
Laranja	1 seg.	6,276	9,001	$G_1 < G_2$
	1 min.	18,332	15,483	$G_1 > G_2$
	2 min.	26,961	15,896	$G_1 > G_2$
	3 min.	32,164	15,318	$G_1 > G_2$
	4 min.	34,806	15,318	$G_1 > G_2$
	5 min.	35,012	16,763	$G_1 > G_2$
Azul	1 seg.	1,517	1,517	$G_1 = G_2$
	1 min.	3,034	3,172	$G_1 = G_2$
	2 min.	6,759	5,103	$G_1 > G_2$
	3 min.	10,069	6,207	$G_1 > G_2$
	4 min.	13,517	6,897	$G_1 > G_2$
	5 min.	16,276	7,034	$G_1 > G_2$
Verde	1 seg.	0,569	0,522	$G_1 = G_2$
	1 min.	2,324	6,499	$G_1 < G_2$
	2 min.	9,677	13,852	$G_1 < G_2$
	3 min.	17,552	18,833	$G_1 < G_2$
	4 min.	23,719	20,398	$G_1 > G_2$
	5 min.	26,898	22,818	$G_1 > G_2$
Vermelha	1 seg.	11,895	10,654	$G_1 > G_2$
	1 min.	17,712	10,719	$G_1 > G_2$
	2 min.	20,458	10,458	$G_1 > G_2$
	3 min.	20,588	9,673	$G_1 > G_2$
	4 min.	20,915	9,281	$G_1 > G_2$
	5 min.	21,046	9,150	$G_1 > G_2$

**Nota:**  $G_1 \rightarrow$  gel HP     $G_2 \rightarrow$  gel HP MAXX

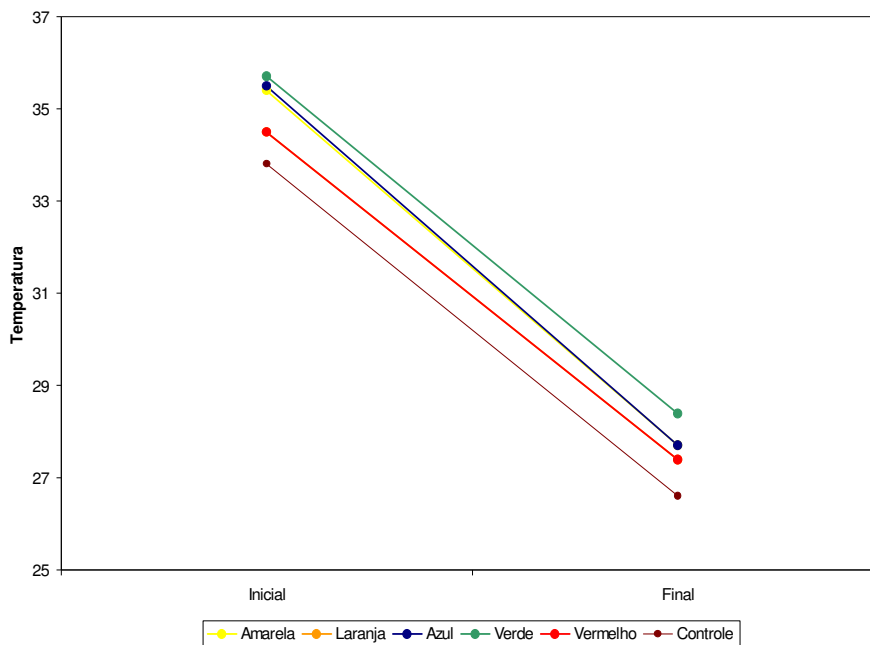
### 6.4.2 Temperatura do Gel

Na TAB. 14 e nos GRA. 25 e 26 pode-se observar uma caracterização em relação à temperatura do gel avaliada no início e ao final do experimento. Nessas análises, devido a pequena variação de temperatura e devido ao comportamento das curvas de análise térmica mostradas no GRA. 17 apresentarem comportamento bem semelhante, foram feitas a comparação entre a temperatura inicial e final no interior dos géis irradiados e na variação de temperatura dos géis representado pelo grupo controle.

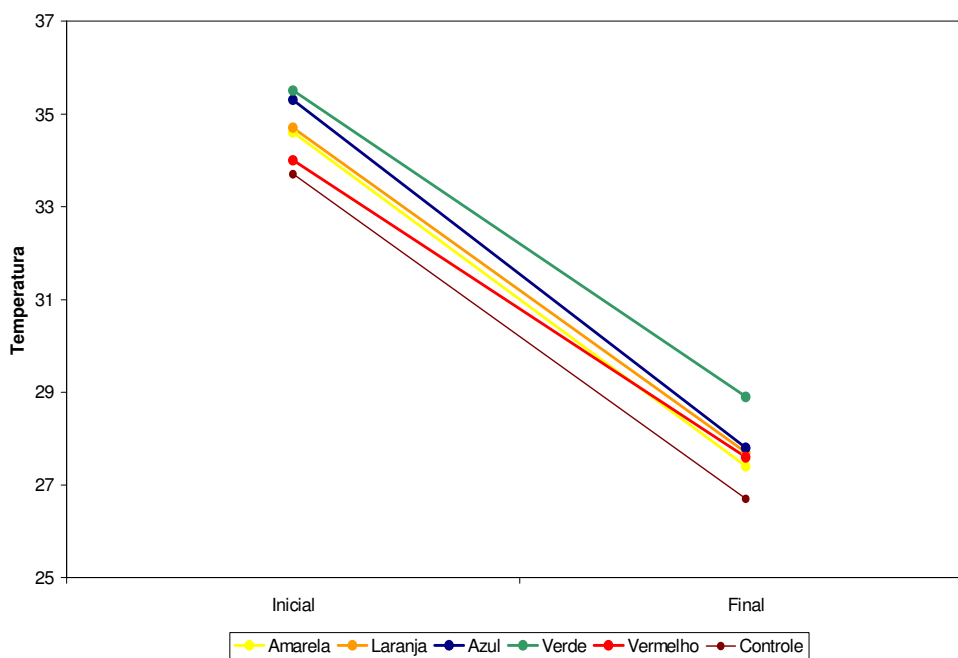
**TABELA 14**  
**MEDIDAS DESCRITIVAS DA VARIÁVEL TEMPERATURA DO GEL**  
**CONSIDERANDO O GEL, COR E TEMPO DE ACOMPANHAMENTO.**

Gel	Cor	Tempo	<i>Medidas descritivas</i>				
			Mínimo	Máximo	Mediana	Média	D.p.
Hp	Amarela	Inicial	35,3	35,6	35,3	35,4	0,1
		Final	27,5	27,9	27,7	27,7	0,2
	Laranja	Inicial	34,3	34,7	34,5	34,5	0,2
		Final	27,1	27,6	27,4	27,4	0,2
	Azul	Inicial	35,2	35,7	35,6	35,5	0,2
		Final	27,4	27,8	27,8	27,7	0,2
	Verde	Inicial	35,5	35,9	35,7	35,7	0,2
		Final	28,3	28,6	28,4	28,4	0,1
	Vermelho	Inicial	34,3	34,7	34,4	34,5	0,2
		Final	27,3	27,6	27,3	27,4	0,1
	Controle	Inicial	33,6	34,0	33,8	33,8	0,2
		Final	26,5	26,7	26,6	26,6	0,1
Hp Maxx	Amarela	Inicial	34,3	34,8	34,7	34,6	0,2
		Final	27,2	27,6	27,4	27,4	0,2
	Laranja	Inicial	34,5	34,9	34,8	34,7	0,2
		Final	27,6	27,8	27,7	27,7	0,1
	Azul	Inicial	35,1	35,6	35,2	35,3	0,2
		Final	27,7	27,9	27,8	27,8	0,1
	Verde	Inicial	35,4	35,7	35,4	35,5	0,1
		Final	28,8	29,1	28,9	28,9	0,1
	Vermelho	Inicial	33,8	34,2	34,1	34,0	0,2
		Final	27,5	27,8	27,6	27,6	0,1
	Controle	Inicial	33,4	33,9	33,7	33,7	0,2
		Final	26,5	26,8	26,7	26,7	0,1





**GRÁFICO 25: AVALIAÇÃO DAS MUDANÇAS OCORRIDAS AO LONGO DO TEMPO NA VARIÁVEL TEMPERATURA DO GEL CONSIDERANDO-SE O GEL WHITENESS HP**



**GRÁFICO 26: AVALIAÇÃO DAS MUDANÇAS OCORRIDAS AO LONGO DO TEMPO NA VARIÁVEL TEMPERATURA DO GEL CONSIDERANDO-SE O GEL WHITENESS HP MAXX**

A TAB. 15 mostra comparativamente a variação da temperatura do géis no início e no final do experimento tendo como variável o comprimento de onda.

**TABELA 15**  
**ANÁLISE COMPARATIVA DA VARIÁVEL TEMPERATURA DO GEL ENTRE**  
**OS TEMPOS DE ACOMPANHAMENTO E ENTRE AS CORES**

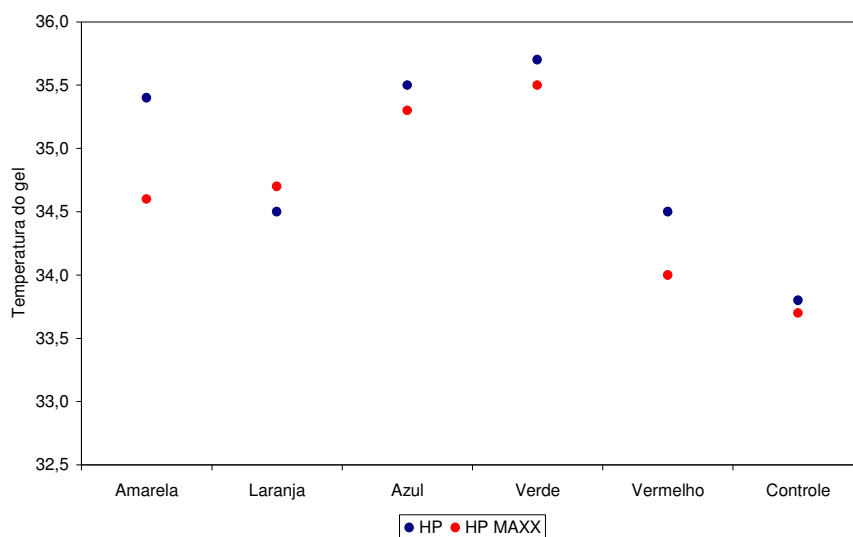
Gel	Cor	Tempo de avaliação				p	Conclusão
		Inicial		Final			
		Mediana	Média	Mediana	Média		
HP	Amarela	35,3	35,4	27,7	27,7	<b>0,039</b>	$T_I > T_F$
	Laranja	34,5	34,5	27,4	27,4	<b>0,041</b>	$T_I > T_F$
	Azul	35,6	35,5	27,8	27,7	<b>0,041</b>	$T_I > T_F$
	Verde	35,7	35,7	28,4	28,4	<b>0,039</b>	$T_I > T_F$
	Vermelho	34,4	34,5	27,3	27,4	<b>0,039</b>	$T_I > T_F$
	Controle	33,8	33,8	26,6	26,6	<b>0,041</b>	$T_I > T_F$
	<b>p</b>	<b>0,001</b>		<b>0,001</b>			
Conclusão		$C_4 > C_2, C_5 \text{ e } C_6$ $(C_3 \text{ e } C_1) > C_6$		$C_4 > C_2, C_5 \text{ e } C_6$ $(C_3 \text{ e } C_1) > C_6$			
HP MAXX	Amarela	34,7	34,6	27,4	27,4	<b>0,039</b>	$T_I > T_F$
	Laranja	34,8	34,7	27,7	27,7	<b>0,043</b>	$T_I > T_F$
	Azul	35,2	35,3	27,8	27,8	<b>0,039</b>	$T_I > T_F$
	Verde	35,4	35,5	28,9	28,9	<b>0,039</b>	$T_I > T_F$
	Vermelho	34,1	34	27,6	27,6	<b>0,041</b>	$T_I > T_F$
	Controle	33,7	33,7	26,7	26,7	<b>0,039</b>	$T_I > T_F$
	<b>p</b>	<b>0,001</b>		<b>0,001</b>			
Conclusão		$C_4 > C_1, C_5 \text{ e } C_6$ $C_3 > C_5 \text{ e } C_6 / C_2 > C_6$		$C_4 > C_1, C_5 \text{ e } C_6$ $C_3 > C_1 \text{ e } C_6 / C_2 > C_6$			

**Nota:**  $T_I \rightarrow$  temperatura inicial     $T_F \rightarrow$  temperatura final

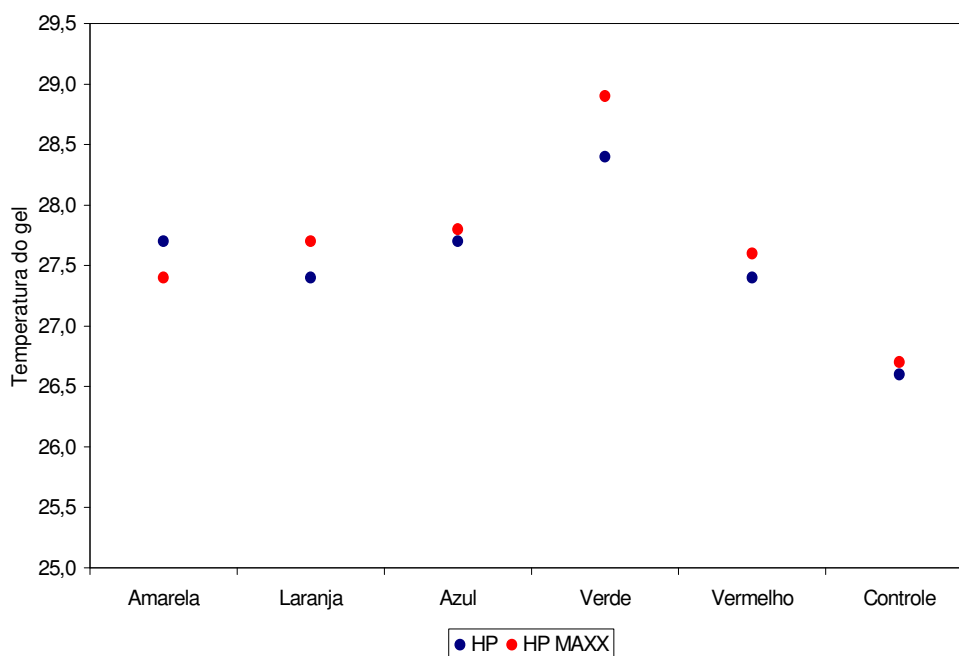
$C_1 \rightarrow$  amarela     $C_2 \rightarrow$  laranja     $C_3 \rightarrow$  azul     $C_4 \rightarrow$  verde     $C_5 \rightarrow$  vermelho     $C_6 \rightarrow$  controle

A probabilidade de significância se refere ao teste de Wilcoxon na comparação entre a avaliação inicial e final e ao teste Kruskal-Wallis na comparação entre as cores

Os GRA. 27 e 28 mostram a avaliam comparativamente a variação de temperatura no início do experimento (GRA. 27) e no final do mesmo (GRA. 28) tendo como parâmetro os diferentes comprimentos de onda analisados.



**GRÁFICO 27: AVALIAÇÃO COMPARATIVA ENTRE OS DOIS GÉIS EM RELAÇÃO À VARIÁVEL TEMPERATURA DO GEL NO INÍCIO DO PROCEDIMENTO CONSIDERANDO-SE A COR**



**GRÁFICO 28: AVALIAÇÃO COMPARATIVA ENTRE OS DOIS GÉIS EM RELAÇÃO À VARIÁVEL TEMPERATURA DO GEL NO FINAL DO PROCEDIMENTO CONSIDERANDO-SE A COR**

A TAB. 16 mostra comparativamente a variação da temperatura do géis no início e no final do experimento tendo como variável o tipo de gel utilizado.

**TABELA 16**  
**ANÁLISE COMPARATIVA DA VARIÁVEL TEMPERATURA DO GEL ENTRE OS GÉIS**

Tempo	Cor	Gel				p	Conclusão
		HP		HP MAXX			
		Mediana	Média	Mediana	Média		
Inicial	Amarela	35,3	35,4	34,7	34,6	<b>0,008</b>	HP > HPMAXX
	Laranja	34,5	34,5	34,8	34,7	0,151	HP = HPMAXX
	Azul	35,6	35,5	35,2	35,3	0,151	HP = HPMAXX
	Verde	35,7	35,7	35,4	35,5	0,095	HP = HPMAXX
	Vermelho	34,4	34,5	34,1	34	<b>0,008</b>	HP > HPMAXX
	Controle	33,8	33,8	33,7	33,7	0,548	HP = HPMAXX
Final	Amarela	27,7	27,7	27,4	27,4	<b>0,032</b>	HP > HPMAXX
	Laranja	27,4	27,4	27,7	27,7	<b>0,008</b>	HP < HPMAXX
	Azul	27,8	27,7	27,8	27,8	0,421	HP = HPMAXX
	Verde	28,4	28,4	28,9	28,9	<b>0,008</b>	HP < HPMAXX
	Vermelho	27,3	27,4	27,6	27,6	0,095	HP = HPMAXX
	Controle	26,6	26,6	26,7	26,7	0,151	HP = HPMAXX

**Nota:** A probabilidade de significância se refere ao teste de Mann-Whitney

As comparações entre os dois géis mostraram resultados significativamente superiores para o gel Whiteness Hp nas seguintes situações: avaliação inicial nos comprimentos de onda amarelo e vermelho e na avaliação final no comprimento de onda amarelo. Já na avaliação final nos comprimentos de onda laranja e verde foram identificados valores superiores para o gel Whiteness Hp Maxx. Nas demais situações não foram observadas diferenças significativas. As TAB. 15 e 16 mostram esses resultados.

## 6.5 Considerações finais

No início do desenvolvimento desse trabalho vislumbrou-se a possibilidade de se utilizar comprimentos de onda diferentes dos clinicamente usuais (azul e infravermelho) para irradiar clareadores a base de peróxido de hidrogênio associada a diferentes pigmentos fotoiniciadores. Devido ao mecanismo de absorção, formulou-se a hipótese de que, desde que houvesse um pigmento absorvedor específico, poder-se-ia utilizar uma fonte de luz vermelha, amarela ou verde. Essa hipótese levou-nos a proteger essa idéia por meio de um modelo de utilidade (anexo D), o qual representa uma das formas de propriedade intelectual presente na lei de patentes. Parte dos dados obtidos nesse trabalho foi suficiente para determinar essa hipótese em tese, contudo, os resultados aqui propostos são partes de um caminho que está sendo trilhado.

Se apenas os dados obtidos a partir do espectro de absorção dos pigmentos contidos no Whiteness HP e Whiteness HP Maxx fossem analisados, pouco poderia se concluir a respeito do comprimento de onda ideal para irradiar os géis utilizados, uma vez que existem reações que mudam a maneira como a luz é transmitida ou absorvida ao longo do tempo no interior desses clareadores.

A aplicação da câmara de testes para avaliar a transmissão de luz no interior de um gel para clareamento pode ajudar a determinar qual ou quais pigmentos fotoiniciadores podem ser mais bem aplicados a um novo produto. A metodologia utilizada mostrou-se eficiente para determinar a transmissão de luz em um gel onde está ocorrendo um processo químico dinâmico. Os resultados obtidos demonstraram que existe diferença significativamente estatística quando se varia o comprimento de onda, tempo e os pigmentos contidos em clareador dental.

A câmara de testes também pode ser utilizada para fornecer o perfil de transmissão e absorção de outros produtos, que não sejam clareadores. Apesar do sistema montado na bancada de testes realizar leitura da corrente em miliampéres, o que determinaria a

curva de transmissão, pode-se converter os dados da corrente gerada no LDR para um valor de tensão, originando uma curva de absorção. Para isso, mede-se a resistência no circuito do LDR e aplica-se a fórmula  $V=RI$ , gerando um valor de tensão (mV). O gráfico apresentado será, então, uma curva exponencial decrescente com convexidade voltada para o eixo das abscissas. No presente trabalho não se utilizou esse artifício, para que não fosse gerado um fator determinante de incerteza, portanto, optou-se por descrever os resultados em curvas de transmissão.

O espectro de determinado fotoiniciador presente em um gel de clareamento dental mostra o pico e uma banda de absorção, porém, muitos fotoiniciadores perdem suas propriedades ópticas ao reagirem com o peróxido de hidrogênio e formarem um novo composto. Isso ocorre com o pigmento roxo do Whiteness HP e do Whiteness HP Maxx, eles possuem um pico em 521 nm, mas no decorrer da reação esse fotoiniciador é quebrado e o gel deixa de absorver nesse pico.

O espectro de absorção do peróxido de hidrogênio mostra que o mesmo não absorve nenhum comprimento de onda visível. A absorção de substâncias puras como o  $H_2O_2$  se dão na faixa do UVC. Sendo assim o que ocorre durante o clareamento dental fotoativado é apenas uma aceleração da reação devido ao aumento da temperatura do gel e subsequente aumento na entalpia do sistema. Sob os aspectos ópticos do peróxido de hidrogênio, não existe quebra de ligações dessa substância pela absorção de radiação visível, infravermelha, UVA e UVB.

Existe no mercado odontológico internacional um equipamento (Zoom, Discus Dental) que emite luz ultravioleta, a qual segundo o fabricante é capaz de dissociar o peróxido de hidrogênio em radicais livres, além de quebrar moléculas de pigmentos presentes nas estruturas dentais<sup>1</sup>. Contudo mais estudos devem ser realizados para confirmar as benesses prometidas pelo fabricante, uma vez que o comprimento de onda desse equipamento encontra-se no UVA (320 nm a 400 nm).

---

<sup>1</sup> ([http://www.zoomnow.com/clinicals/Zoom2\\_eval\\_lamp\\_white\\_paper.pdf](http://www.zoomnow.com/clinicals/Zoom2_eval_lamp_white_paper.pdf))

De acordo com os conceitos apresentados na seção sobre transferência de calor, a transmissão da radiação incidente sobre um determinado objeto, é função da espessura da amostra ( $dS$ ) e do seu coeficiente de absorção espectral ( $\alpha_\lambda$ ). O sinal negativo na equação 10 evidencia esse fenômeno, uma vez que o aumento dessas variáveis faria com que a equação tendesse a zero.

O fabricante dos géis analisados indica na bula<sup>2</sup> dos clareadores que o material deve ser aplicado com uma espessura mínima de 1 mm. Verifica-se, com respostas obtidas na experiência clínica, que uma espessura de 2 mm pode ser alcançada e que a aplicação da mesma reduz a sensibilidade pós-operatória. No entanto, existe um limite clínico para o aumento de espessura do gel, o que muda o enfoque para o coeficiente de absorção espectral.

Luk *et al.* (2004) sugerem que dentistas que utilizam a técnica de clareamento em consultório, com auxílio de uma fonte de luz, devem considerar a especificidade do gel de clareamento dental frente à fonte.

A maioria dos equipamentos comerciais para clareamento dental possui LEDs emitindo luz azul entre 450 nm e 480 nm. De acordo com a equação 11, seria interessante que esses clareadores possuíssem um pigmento fotoabsorvedor nessa mesma banda espectral. A existência de tal pigmento promoveria maior absorção da radiação incidente, aumentando a temperatura do gel e diminuindo a transmissão de radiação sobre a polpa dental.

Durante a realização de clareamento dental com equipamentos que fornecem grande quantidade de energia luminosa, como o Bright Max (MMOptics, São Carlos, SP), tem-se observado que a utilização de um gel com baixo índice de transmissão de luz, como o Whiteness Hp Maxx, permite ao operador alcançar resultados estéticos satisfatórios com menor grau de sensibilidade dentária. Como essa sensibilidade, apesar de pequena, existe, sugere-se que se as fontes de alta energia luminosa sejam usadas

---

<sup>2</sup> <http://www.fgm.ind.br/>

apenas em géis com baixo índice de transmissão, semelhantes ao do Whiteness Hp Maxx. Vale salientar que, o Whiteness Hp apesar de apresentar um baixo índice de transmissão de luz azul, quando utilizado com o Bright Max, apresenta muitas vezes, alto grau de sensibilidade relatado pelos pacientes.

Segundo informações da FGM, o Whiteness HP Maxx possui na sua composição uma carga inerte (cristais de sílica), com o objetivo de reter calor. Esse dado pode ser observado na análise térmica, uma vez que os decaimentos (diferença entre a temperatura inicial e final) de temperatura no gel Whiteness HP Maxx irradiado por todos os comprimentos de onda foram menores que os observados pela mesma irradiação no Whiteness HP. Sob esse ponto de vista, o Whiteness HP Maxx irradiado com LED vermelho e com LED verde foi o que apresentou menor variação de temperatura. No caso do LED verde isso provavelmente ocorreu devido ao fato do mesmo ser muito pouco transmitido nos primeiros trinta segundos, sendo bastante absorvido pelo gel. Quanto ao LED vermelho, sugere-se que o fato da radiação apresentar um comportamento de transmissão através do gel praticamente constante, possibilitou uma menor queda de temperatura no interior do mesmo. Apesar do índice de transmissão da luz azul no gel Whiteness Hp Maxx ter sido o menor entre todos outros comprimentos de onda, o mesmo não apresentou a maior retenção de calor.

No experimento de análise térmica, levando-se em conta a utilização de diferentes comprimentos de onda, foi verificada diferença significativa em todos os casos, no entanto, foram identificadas algumas similaridades. Pode ser citado, por exemplo, a avaliação inicial quando foi utilizado o gel Whiteness Hp. Nesta situação, o comprimento de onda verde apresentou uma maior temperatura quando comparada com os comprimentos de onda laranja, vermelho e controle. Provavelmente isso ocorreu devido à presença do corante roxo, com pico de absorção em 521 nm. Além disso, o controle apresentou resultados inferiores quando comparados com os comprimentos de onda azul e amarelo.



Observou-se claramente que a reação química que ocorre na mistura do peróxido de hidrogênio com os respectivos espessantes é de caráter exotérmico. Sendo assim, a entalpia final é menor que a inicial, havendo liberação de calor para o meio externo. As curvas de comportamento térmico evidenciam o caráter exotérmico apresentando temperaturas decrescentes ao longo do tempo.

Em todos os grupos irradiados e também nos grupos controles, houve inicialmente um aumento da temperatura do gel e uma subsequente queda da mesma. A irradiação dos termopares pelos LEDs utilizados no experimento não provocou aumento de temperatura sensível ao sistema de medição. No entanto, alguns grupos apresentaram menor variação média entre a temperatura inicial e a temperatura final, medida depois de transcorrido os cinco minutos de irradiação.

A concentração de peróxido de hidrogênio nos clareadores Whiteness Hp e Whiteness Hp Maxx podem variar de acordo com o número de gotas manipuladas, o tamanho da abertura do dispensador, o tempo e maneira como o gel é manipulado, dentre outras. Devido ao fato da concentração não ser pré-determinada para aplicação, o aumento ou diminuição da mesma pode gerar variações na velocidade e no equilíbrio final da reação. Um aumento na concentração de peróxido, assim como o aumento da temperatura aumentaria a velocidade da reação, gerando uma quantidade maior do produto (radicais livres) em uma menor quantidade de tempo. O aumento na concentração de peróxido também aumentaria o valor da entalpia inicial aumentando a liberação de calor durante a reação.

Apesar do experimento de análise térmica ter sido controlado quanto ao número exato de gotas manipuladas e ter sido padronizado quanto à maneira e ao tempo de manipulação do produto, temperaturas iniciais mais altas nas amostras podem ter ocorrido devido a maior concentração de peróxido no interior do gel, durante a manipulação do mesmo.

A absorção de energia luminosa pelos pigmentos contidos nos géis clareadores pode, dependendo da potência dos emissores de luz, gerar o calor que será transmitido às estruturas dentais como dentina e esmalte. Parte desse calor poderá gerar sensibilidade dentinária no paciente. Essa sensibilidade deve ser relatada ao dentista no momento da aplicação e o mesmo deve tomar as precauções necessárias. O calor gerado nas estruturas dentais pode ser benéfico quando não é excessivo, aumentando a permeabilidade da dentina frente ao peróxido de hidrogênio, e permitindo que maior quantidade de radicais livres cheguem nas estruturas mais profundas do dente (BOWLES E UGWUNERI, 1987).

Segundo Freedman (1990) o peróxido de hidrogênio possui baixo peso molecular. Essa característica faz com que essa substância difunda-se através do esmalte e da dentina, atingindo a polpa dental. Os pigmentos presentes nas camadas mais profundas geralmente são mais difíceis de clarear, exigindo maior tempo de clareamento. Por isso, deve-se tomar o cuidado para que a quantidade de peróxido de hidrogênio que chegue no interior da câmara pulpar não seja demasiadamente grande, o que segundo Bowles e Thompson (1986) causa inibição na produção de enzimas responsáveis pelo funcionamento normal da polpa dental.

O aumento de temperatura do peróxido de hidrogênio aplicado sobre esmalte e dentina faz com que a permeabilidade das estruturas dentais a essa substância também aumente (BOWLES E UGWUNERI, 1987). Os autores mostraram que quando a temperatura aumenta de 37° C para 50° C o aumento na concentração de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> pode até triplicar. Esse dado é de extrema importância em dois aspectos; primeiro, durante o processo de clareamento dental o aumento de temperatura irá aumentar não só a velocidade da reação de oxidação, com conseqüente liberação de maior quantidade do agente oxidante, mas irá aumentar também a permeabilidade do esmalte e dentina a esse agente. O segundo aspecto é que esse aumento de temperatura não pode ser demasiadamente grande, causando danos irreversíveis à polpa dental, seja pelo dano térmico (ZACH E COHEN, 1965), seja pela inibição enzimática da mesma.

Clinicamente o que se observa é que apesar de causar irritação à polpa dental, o que é sinalizado pela presença de sensibilidade dentária, as concentrações de peróxido de hidrogênio utilizadas em odontologia (4%, 6%, 35%) não causam danos irreversíveis como pulpite e necrose dental. Portanto, a análise de aumento de temperatura de um gel clareador deve ter como objetivo, prevenir danos térmicos às estruturas dentais. O sistema de medição de temperatura utilizado no presente trabalho mostrou-se eficiente para medir a temperatura no interior do gel, mas o mesmo pode ser utilizado no interior de câmaras pulpares de dentes extraídos para analisar o aumento efetivo de temperatura de um dente coberto por um gel clareador e irradiado com uma fonte luminosa de alta energia.

Quanto aos géis analisados, fica claro que o Whiteness Hp Maxx absorve mais os comprimentos de ondas visíveis do que o Whiteness Hp, principalmente o azul e o verde. O estudo de Wetter et al. (2004) mostra que o Whiteness Hp é um clareador eficiente quando comparado com o Opalescence X-tra, os autores desse trabalho comparando a ação de um laser de diodo e de um equipamento de LEDs sobre esses dois géis obtiveram resultados de clareamento significativamente melhores quando a combinação era do laser com o Whiteness Hp. Entretanto, seria interessante que o pigmento roxo contido tanto no Whiteness Hp quanto no Whiteness Hp Maxx não sofressem mudança de cor durante o processo de clareamento. Como foi mostrado nos espectros de absorção, esse pigmento é o grande responsável pela absorção da luz azul e verde no interior dos géis. A decomposição do pigmento roxo torna o gel Whiteness Hp transparente, permitindo maior transmissão da luz no mesmo. Essa mudança no produto o tornaria mais seguro quanto a possíveis aumentos de temperatura.

Desde que pigmentos específicos sejam usados em concentração suficiente para absorver comprimentos de onda como o amarelo, o laranja e o vermelho, sugere-se que os mesmos possam ser utilizados para aceleração do processo de clareamento dental. Isso seria interessante principalmente no caso da utilização da luz vermelha, uma vez que a mesma já é utilizada em consultórios odontológicos em equipamentos de laser de

baixa intensidade ou de LEDs de alta intensidade para biomodulação. Os resultados da transmissão da luz vermelha no Whiteness Hp Maxx indicam que o mesmo absorve bem essa. A utilização desse corante em concentrações maiores em um gel de peróxido de hidrogênio poderia torná-lo eficiente para aumentar a temperatura no interior do mesmo quando irradiado com luz vermelha.

As análises comparativas de uma técnica de clareamento em relação à outra, seja comparando o clareamento caseiro com o clareamento em consultório, ou comparando a aplicação de laser ou de LED sobre determinado produto, estão presentes em diversos trabalhos científicos. No entanto, poucos trabalhos acrescentam dados que possam ser trabalhados pela indústria para melhoria dos produtos. Isso ocorre porque o foco geralmente está sobre o resultado da técnica, quantificando o grau de clareamento de um dente ou a velocidade de clareamento do mesmo. Por isso pouco se tem avançado, e nos últimos 20 anos observa-se mudanças de técnicas, surgimento de novos equipamentos, mas os resultados gerados no âmbito clínico pouco avançaram.

Para avaliar a eficiência de um clareador, dever-se-ia inicialmente analisar a quantidade de radicais livres que são liberados em um determinado período de tempo, além disso, deveria ser analisada a profundidade de penetração dessas moléculas.

Como maneira de aperfeiçoar a metodologia empregada nesse trabalho e garantir o futuro dessa linha de pesquisa, o LABBIO está sendo desenvolvido um dispositivo que irá realizar simultaneamente a análise térmica e óptica de clareadores ou quaisquer outros produtos onde exista o interesse de saber o perfil de absorção ou de transmissão relacionado à variação de temperatura.

Clinicamente em uma sessão de clareamento dental com Whiteness Hp ou Whiteness Hp Maxx, o gel é aplicado três vezes sobre a face vestibular do dente e deve permanecer, em cada uma das aplicações por um período de 10 minutos, totalizando 30 minutos de aplicação, segundo informações do fabricante. O fabricante não estipula o tempo e utilização de luz, e recomenda que o dentista consulte o fabricante da

mesma para tal. Sugere-se que, durante o processo de clareamento com o Whiteness Hp, para a utilização de equipamentos que usem LEDs como fonte luz, a mesma deverá ser acionada apenas enquanto o gel estiver na cor roxa, devendo ser desligada quando o mesmo se tornar transparente. Como existem equipamentos com diferentes potências luminosas, e fatores como a temperatura ambiente e de armazenamento do gel podem influenciar a velocidade que o corante roxo é dissociado, além de não ser esse o objetivo do trabalho, não determinaremos a utilização específica de um tempo ideal. O método clínico de visualizar a mudança de cor é eficiente para diminuir efeitos indesejáveis como a sensibilidade dentária durante e após o tratamento. Para a utilização das mesmas fontes de luz com o gel Whiteness Hp Maxx, não há porque não se utilizar a luz azul por um período de tempo maior, ou talvez durante todo o período de tempo. Contudo, sugere-se que pequenos intervalos de cerca de trinta segundos sejam dados para impedir que haja qualquer tipo de aquecimento prejudicial à polpa dental.

O cirurgião dentista deve ter conhecimentos que permitam observar as condições nas quais ele pode usar um equipamento que gere calor nas estruturas dentais (Luk *et. al.* 2004). No entanto, os fabricantes de fotopolimerizadores, LEDs, e lasers também devem fornecer aos operadores desses equipamentos os diferentes protocolos de clareamento que podem ser utilizados com diferentes clareadores dentais. O que existe na verdade, é uma troca de responsabilidades, o fabricante da fonte de luz responsabiliza o fabricante do gel, enquanto o fabricante do gel recomenda ao usuário consultar o fabricante da fonte de luz.

Durante o desenvolvimento desse trabalho obteve-se um estreitamento nas relações com empresas fabricantes de produtos odontológicos na área de clareamento dental. Acredita-se que um intercâmbio maior entre a iniciativa privada e os centros de pesquisa acadêmicos gerem pesquisas direcionadas ao melhoramento significativo de um produto. Esses não teriam apenas “conceitos inertes” modificados, mas resultariam em novos produtos, capazes de melhorar os procedimentos clínicos do cirurgião dentista, dando-lhe mais segurança e confiabilidade para execução dos mesmos. Esse

estreitamento universidade-empresa deve funcionar numa via de mão dupla, e proporcionará no futuro, além de verbas para um sistema universitário que está praticamente falido, um desenvolvimento tecnológico expressivo e palpável.

## 7 CONCLUSÕES

- 1. A bancada de testes mostrou-se eficiente para analisar a transmissão de diferentes comprimentos de onda através dos géis Whiteness Hp e o Whiteness Hp Maxx.
- 2. A bancada de testes mostrou-se eficiente para analisar o comportamento térmico dos géis Whiteness Hp e o Whiteness Hp Maxx quando irradiados por diferentes comprimentos de onda.
- 3. Os três fatores avaliados no experimento; gel, comprimento de onda e tempo exercem influência estatisticamente significativa na transmissão de luz no interior do gel.
- 4. Na análise térmica, a irradiação dos géis Whiteness Hp e Whiteness Hp-Maxx com os comprimentos de onda azul (470 nm), verde (568 nm), amarelo (590 nm), laranja (612 nm) e vermelho (644 nm) apresentou diferenças estatisticamente significativas.

## **8 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

- 1- Determinar a quantidade de oxigênio reativo liberado em clareadores dentais quando diferentes comprimentos de onda são aplicados sobre os mesmos.
  
- 2- Utilizar LEDs com potência luminosa acima de 100 mW para analisar a transmissão de diferentes comprimentos de onda através de géis clareadores.
  
- 3- Utilizar a câmara de testes desenvolvida no presente trabalho com diferentes clareadores dentais além do Whiteness Hp e Whiteness Hp Maxx.



## ABSTRACT

The thermal and optical behavior of two dental bleaching agents were evaluated when irradiated with different wavelength in the visible spectrum, the Whiteness Hp and Whiteness Hp Maxx gels, both from FGM company. The agents were irradiated with LEDs (light emitting diode) with wavelength of 470nm (blue), 568 nm (green), 590 nm (yellow), 612nm (orange) and 644 nm (red). All the LEDs had their tensions modulated by resistors so that the irradiation of the samples could be done at the same light intensity. For the thermal analysis a K type thermocouple was chosen and in the optical analysis a LDR photosensor was used to measure the intensity of the light transmission through the bleaching gel. The photosensor is part of a tests board which was developed for this kind of analysis and it is made by a LDR (*light dependent resistance*) connected to a digital multimeter. The tests bench has shown it self efficient to analyze the transmission of different wavelengths through the Whiteness Hp and Whiteness Hp Maxx gels and to analyze their thermal behavior. The three factors analyzed in the experiment, gel, wavelength and time have a significant Influence in the light transmission into the gel. In the thermal analysis, the irradiation of the Whiteness Hp and Whiteness Hp Maxx gels with many different wavelengths has also shown significant differences.

**Key words:** *Dental bleaching, LEDs, Light Transmission.*

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADRIAN, J. C.; BERNIER, J. L.; SPRAGUE, W. G. Laser and dental pulp. *J Am Dent Assoc*, v.83, n.1, p. 113-117. 1971.

AMES, J. Removing stains from mottled enamel. *Journal of American Dental Association*, v. 24, n .10, p .1674-1677, Oct. 1937.

BARATIERI, N.C.; et al. Odontologia restauradora : *Fundamentos e possibilidades*. Quintessence Books, Ed. Santos, 2002

BARATIERI, MONTEIRO, ANDRADA & VIEIRA . *Clareamento Dental*. Quintessence books. Ed. Santos, 1994.

BENTLEY, C.; LEONARD, R. H.; NELSON, C. F.; BENTLEY, S. A. Quantitation of vital bleaching by computer analysis of photographic images. *Journal of American Dental Association*, v. 130, n .6, p .809-816, Jun. 1999.

BLANKENAU, R.; GOLDSTEIN, R. E.; HAYWOOD, V. B. The current status of vital tooth whitening techniques. *Compend Contin Educ Dent*, v.20, n.8, p.786-788,1999.

BOGUE, E. A. Bleaching teeth. *The Dental Cosmos*, v. 14, n. 1, p. 1-3, Jan. 1872

BOULNOIS, J. L. *Photophysical processes in recent medical laser developments: A review*, Lasers Med. Sci. Vol. 1, 1986.

BOWLES, W.H.; Thompson, L. R. Vital bleaching: the effect of heat and hydrogen peroxide on pulpal enzymes. *Journal of Endodontics*, v.12, n.3. p.108-112, 1986.

BOWLES, W.H.; UGWUNERI, Z. Pulp chamber penetration by hydrogen peroxide following vital bleaching procedures. *Journal of Endodontics*, v.13, n.8. p.375-377, 1987.

BRADEN, M.- "Heat Conduction in Normal Human Teth"- *Archives of Oral Biology*, v. 9, p. 479-486, 1964.

BROWN, W.S.; DEWEY, W.A.; JACOBS, H.R.- "Thermal Properties of Teeth"- *Journal of Dental Research*, v. 49, n. 4, p. 752-755, 1970.

CHARPLE, J. A. Restoring discolored teeth to normal. *The Dental Cosmos*, v. 19, n. 9, p. 499, Sep. 1877.

CHU, S. J. Ensuring the quality of aesthetic veneers with digital shade analysis. *Dentistry Today*. v. 22, n. 2, p. 118-121, Feb. 2003.

CONOVER, W. J., Practical Nonparametric Statistics, New York: John Wiley & Sons, 1980, 493 p.

CRAIG, R. G.; PEYTON, F. A.- "Thermal Conductivity of Tooth Structure, Dental Cements, and Amalgam"- *Journal of Dental Research*, v. 40, n. 3, p. 411-418, 1961.

CHRISTENSEN, G. J. Bleaching teeth--which way is best?, *Journal of Esthetic Restorative Dentistry*. v.15, n. 3, p. 137-139, 2003.

DIETZ, E. R. Bleaching vital teeth. *Dental Assistant*, v. 57, n.1, p.7-8, 1988.

FASANARO, T. S. Bleaching teeth: history, chemicals, and methods used for common tooth discolorations. *Journal of Esthetic Dentistry*, v. 4, n. 3, p. 71-78, 1992.

FERREIRA, M. V. L.; Estudo in vitro da fusão de hidroxiapatita e esmalte em superfícies de esmalte humano pelo laser de Nd:YAG. *Dissertação de Mestrado*. IPEN, 2000.

FREEDMAN, G.; MCLAUGHLIN, G. Tooth whitening: an idea whose time has come. *Dentistry today*. v. 14, n. 2, p.88-90, 1995.

GARAVAGLIA, M. *Él laser*. México, Ed. Eva v. Chesneau, 1976.

GARBER, D.A. Dentist-monitored bleaching: a discussion of combination and laser bleaching. *Journal of American Dental Association*, v.128, p.26-30,1997.

GASPAR, J. A. Avaliação do efeito de corantes especiais e peróxido de hidrogênio irradiados por laser de argônio e laser de diodo no clareamento dental in vitro. *Dissertação de Mestrado*. IPEN, 2003.

GOLDSTEIN, R. E. In-office bleaching: where we came from, where we are today. *Journal of American Dental Association*, v.128, p.11-15, 1997.

GOLDSTEIN, R. E.; GARBER, D. A . Complete dental bleaching. Ed Quintessence. Carol Stream, Illinois, 1995.

HAYWOOD, V. B.; HEYMANN, H. O. Nightguard vital bleaching. *Quintessence International*, v. 20, n. 3, p. 173-176, 1989.

HORN, D. J.; BULAN-BRADY, J.; HICKS, M. L. Sphere spectrophotometer versus human evaluation of tooth shade. *Journal of Endodontics*. v. 21, n. 12, p. 786-790, Dec. 1998.

INCROPERA, F. P.; DeWITT, D. P. *Fundamentos de transferência de calor e massa*. Rio de Janeiro, 4<sup>a</sup>ed, ed Ltc. 1998.

JANDT, K. D.; MILLS, R. W.; BLACKWELL, G. B.; ASHWORTH, S. H. Depth of cure and compressive strength of dental composites cured with blue light emitting diodes (LEDs). *Dental Materias*. v. 16, n. 1, p. 41-47, May. 2000.

JOHNSON. R & BHATTACHARYYA. G. Statistics Principles and Methods. New York: John Wiley & Sons. 1986. 578p.

KARU, T. Photobiology of low-power laser effects. *Health Physics*. v. 56, n.5, p.691-704, May. 1989.

KNEZEVIC, A.; TARLE, Z.; MENIGA, A.; SUTALO, J.; PICHLER, G.; RISTIC, M. Degree of conversion and temperature rise during polymerization of composite resin samples with blue diodes. *Journal of Oral Rehabilitation*. v. 28, n. 6, p. 586-591, Jun. 2002.

KOLARI, P. J.; AIRAKSINEN, O. Poor penetration of infra-red and helium neon low power laser light into the dermal tissue. *Acupuncture Electrotherapy Reseach*. v.18, n. 1, p. 17-21, 1993.

KOLAROVA, H.; DITRICOVA, D.; WAGNER, J. Penetration of the laser light into the skin in vitro. *Lasers Surgery and Medicine*. v. 24, n. 3, p. 231-235, 1999.

LISANTI, V.F.; ZANDER, H.A.- "Thermal Conductivity of Dentin"- *Journal of Dental Research*, v. 29, n. 4, p. 493-497, 1950.

LUCAS, M. V. ; SILVEIRA, L. B.; CHAVES, M. E.; SATHLER, T. H.; PINOTTI, M. Avaliação da transmissão do laser de As:Ga:Al em tecido muscular por meio de sensor óptico.1º Encontro Nacional da ABLO – Associação Brasileira de Laser em Odontologia. Maceió, 01 a 03 de Maio de 2002.

LUK, K.; TAM, L.; HUBERT, M. Effect of light energy on peroxide tooth bleaching. *Journal of American Dental Association*, v.135, p.194-201,2004.

MAGRI, D. A. W; Estudo comparativo da ação de dois tipos diferentes de agentes clareadores ativados pelo laser de diodo e lâmpada xenon plasmática, na superfície do esmalte. *Dissertação de Mestrado*. IPEN, 2001.

MAILLET, H. *O laser: princípios e técnicas de aplicação*. São Paulo, Ed Manole, 1987.

MAIMAN, T.H. Stimulated optical radiation in ruby. *Nature*, London, v. 187, p.493-494, 1960.

MILLIKEN, G.A & JOHNSON, D.E. *Analysis of Messy Data*. New York: Chapman & Hall. 1992. 472p.

MILLS, R. W.; UHL, A.; BLACKWELL, G. B.; JANDT, K. D. High power light emitting diode (LED) arrays versus halogen light polymerization of oral biomaterials: Barcol hardness, compressive strength and radiometric properties. *Biomaterials*. v. 23, n. 14, p. 2955-2963. Jul. 2002

MONDELLI, J.; ISHIQUIRIAMA, A.; FRANCHISONE, C.E.; NAVARRO, M.F.L.; GALAN JR.,J. *Dentística Restauradora – Tratamentos clínicos integrados*. Livraria Editora Santos. Quintessence. Rio de Janeiro, 1984, 1ª ed. 484p.

NIEMTZ, M. H. *Laser-Tissue Interactions: Fundamentals and Applications*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1996.

NOMURA, Y.; TESHIMA, W.; TANAKA, N.; YOSHIDA, Y.; NAHARA, Y.; OKAZAKI, M. Thermal analysis of dental resins cured with blue light-emitting diodes (LEDs). *Journal of Biomedical Materials Research*. v. 63, n. 2, p. 209-213, 2002.

O'BRIEN, W. J.; HEMMENDINGER, H.; BOENKE, K. M.; LINGER, J. B.; GROH, C.L. Color distribution of three regions of extracted human teeth. *Dental Materials*, v. 13, n. 3, p. 179-185, May. 1997.

OKUBO, S. R.; KANAWATI, A.; RICHARDS, M. W.; CHILDRESS, S. Evaluation of visual and instrument shade matching. *Journal of Prosthetic Dentistry*. v. 80, n.6, p. 642-648, Dec. 1998.

PAUL, S.; PETER, A.; PIETROBON, N.; HAMMERLE, C. H. Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. *Journal of Dental Research*. v. 81, n. 8, p. 578-582, Aug. 2002.

PHILLIPS, R.W.; REINKING, R.H.; PHILLIPS, L. J.- "Thermal Conductivity of Dental Cement"- *Journal of Dental Research*, v. 33, p. 511, 1954.

POWELL, G. L.; MORTON, T.; WHISENANT, B. K. Argon laser oral safety parameters for teeth. *Lasers Surgery and Medicine*, v.13, n.5, p.548-552, 1993.

PRINZ, H. Recent improvements in tooth bleaching: a clinical syllabus. *The Dental Cosmos*, v. 66, n. 6, p. 558-560, Jun. 1924.

REYTO, R. Laser tooth whitening. *Dent Clin North Am*, v.42, n.4, p.755-762, 1998.

SIEGEL, R.; HOWELL, J. R. *Thermal radiation heat transfer*. Washington, 3<sup>rd</sup>ed, Ed Hemisphere. 1992.

SAS INSTITUTE INC. SAS User's Guide: Statistics Version 5. Cary NC: SAS Institute Inc. 1985.

SOYENKOFF, B.C.; OKUN, J.H.- "Thermal Conductivity Measurements of Dental Tissues with the Aid of Thermistors"- *Journal of American Dental Association*, v. 57, p. 23-30, 1958.

STAHL, F.; ASHWORTH, S.H.; JANDT, K.D.; MILLS, R.W. Light-emitting diode (LED) polymerisation of dental composites: flexural properties and polymerisation potential. *Biomaterials*. v. 21, n. 13, p. 1379-1385, Jul. 2000.

STERN, R. H., SOGNAES, R. F. Laser beam effect on dental hard tissues. In: INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR DENTAL RESEARCH. General Session & Exhibition, 42., Mar. 19-22, 1964. Abstracts of papers. Los Angeles, *Journal of Dental Research*, v. 43, p. 873, 1964. [Resumo n.307].

SULIEMAN, M.; ADDV,M.; REES, J. S. Surface and intra-pulpal temperature rises during tooth bleaching: an in vitro study. *British Dental Journal*. v. 199, p. 37-40, 2005.

SUN, G. The role of lasers in cosmetic dentistry. *Dental Clinics of North America*, v. 44, n. 4, p.821-850, 2000.

SVELTO, O. *Principles of Lasers*. Ed. Plenum Press, New York, 1989.

TARLE, Z.; MENIGA, A.; KNEZEVIC, A.; SUTALO, J.; RISTIC, M.; PICHLER, G. Composite conversion and temperature rise using a conventional, plasma arc, and an experimental blue LED curing unit. *Journal of Oral Rehabilitation*. v. 29, n. 7, p. 662-667, Jul. 2002.

TEN CATE, A. R. *Histologia Bucal*. Guanabara Koogan. R.j. 1895.



TESHIMA, W.; NOMURA, Y.; TANAKA, N.; URABE, H.; OKAZAKI, M.; NAHARA, Y. ESR study of camphorquinone/amine photoinitiator systems using blue light-emitting diodes. *Biomaterials*. v. 24, n. 12, p. 2097-2103, May. 2003.

TRUSHKOWSKY, R. D. How a spectrophotometer can help you achieve esthetic shade matching. *Compendium of Continued Education Dentistry*. v. 24, n. 1, p.60-66, Jan. 2003.

UHL, A.; MILLS, R. W.; JANDT, K. D. Polymerization and light-induced heat of dental composites cured with LED and halogen technology. *Biomaterials*. v. 24, n. 10, p. 1809-1820, May. 2003.

UHL, A.; SIGUSCH, B. W.; JANDT, K. D. Second generation LEDs for the polymerization of oral biomaterials. *Dental Materials*. v. 20, n.1, p. 80-87, Jan. 2004

WEERAKOON, A. T.; MEYERS, I. A.; SYMONS, A. L.; WALSH, L. J. Pulpal heat changes with newly developed resin photopolymerisation systems. *Australian Endodontical Journal*. v. 28, n.3, p. 108-111, Dec. 2002.

WETER, N. U.; BARROSO, M. C.; PELINO, J. E. Dental bleaching efficacy with diode laser and LED irradiation: an in vitro study. *Lasers Surgery and Medicine*. v. 35, n. 4, p. 254-258, 2004

WHITE, D.J.; KOZAK, K. M.; ZOLADZ, J. R.; DUSCHNER, H. J.; GOTZ, H. Effects of tooth-whitening gels on enamel and dentin ultrastructure--a confocal laser scanning microscopy pilot study. *Compendium of Continued Education Dentistry*. v. 29, p. 29-34, Jun. 2000.

ZACH, L.; COHEN, G. Pulp response to externally applied heat. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, v. 19, n. 4, p. 515-530, Apr. 1965.

## ANEXO A

### LASER

#### Definição

A palavra laser é uma sigla para a expressão inglesa *light amplification by stimulated emission of radiation* ou amplificação da luz por emissão estimulada de radiação.

O laser é um emissor de radiação coerente e consiste basicamente de um meio ativo excitado convenientemente, e confinado em uma cavidade ressonante. A radiação coerente é obtida mediante a amplificação da luz devido ao processo de emissão estimulada de radiação, processo este proposto originalmente por Einstein em 1917 (GARAVALIA,1976).

O primeiro aparato de amplificação de radiação por emissão estimulada foi construído em 1955. Este dispositivo experimental emitia radiação na região de microondas de espectro eletromagnético ( $1\text{mm} < \lambda < 30\text{cm}$ ), e foi denominado "MASER". Mas o primeiro laser só foi desenvolvido em 1960 quando Maiman desenvolveu um laser com cristal de rubi sintético excitado por descargas curtas e intensas provenientes de uma lâmpada flash.

Basicamente o laser é constituído de um meio ativo, um sistema de bombeamento de energia e uma cavidade ressonante. Cada um desses mecanismos será descrito a seguir. Será descrito também o funcionamento do laser de diodo, o qual difere um pouco dos outros lasers de estado sólido, assim como também as propriedades desta radiação. Os conceitos e mecanismos descritos são fundamentados nos livros de Niemtz (1996), Svelto (1989), Maillet (1960) e Boulnois (1986).

## **Meio ativo**

É o material que irá absorver a energia bombeada. Deve apresentar níveis de energia excitáveis, para que ocorra uma inversão de população de seus átomos. Pode ser um meio sólido, líquido ou gasoso. Os meios ativos sólidos mais comuns são cristais de óxidos ou fluoretos dopados com terras raras. Meios ativos compostos por líquidos ou gases devem estar contidos em recipientes transparentes e com paredes opostas planas. Os lasers de estado líquido são restritos a laboratórios experimentais, já os lasers de gás são amplamente conhecidos, como os lasers de  $\text{CO}_2$ , argônio e hélio neônio (HeNe).

Hoje em dia, possuímos uma grande variedade de lasers, os quais podemos citar: os da família de terras raras (neodímio, érbio, hólmio, túlio); outros como argônio,  $\text{CO}_2$ , HeNe, vapor de cobre e criptônio são exemplos de laser de estado gasoso. Como exemplo de meio ativo líquido, existem os lasers de corantes. Um tipo de laser de estado sólido particular é o laser de diodo, o qual será descrito separadamente por ser o laser que será utilizado nesse experimento.

## **Bombeamento**

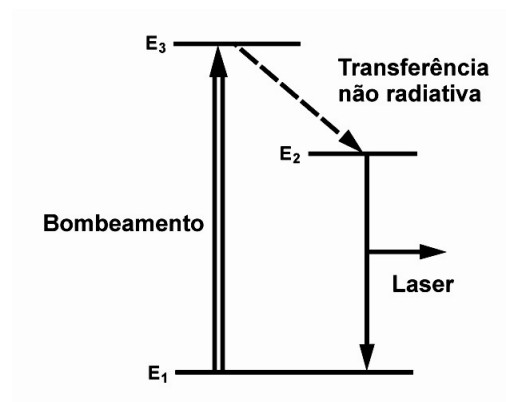
O bombeamento nada mais é do que uma fonte de excitação do meio ativo. Este mecanismo deve ser capaz de fornecer energia suficiente para que ocorra inversão de população entre o nível fundamental 1 e o nível 3 (figura A-1). O despovoamento do nível 3 em direção ao nível 2 é chamado de transição não radiativa, onde a energia adquirida pelo átomo excitado será perdida em forma de calor. O despovoamento do nível 2 em direção ao 1 irá gerar radiação por emissão espontânea ou estimulada. Este esquema de laser de três níveis de energia pode ser representado pelo laser de rubi.

Hoje em dia, a grande maioria dos lasers apresentam sistemas com quatro níveis de energia (figura A-2).

Como foi citado acima, durante a volta de um átomo excitado ao estado fundamental, a energia liberada pode ser cinética, gerando posteriormente calor, ou pode ser liberada na forma de radiação eletromagnética. A energia perdida pelo átomo é modelada pela equação (E-1).

$$E = hf \quad (E-1)$$

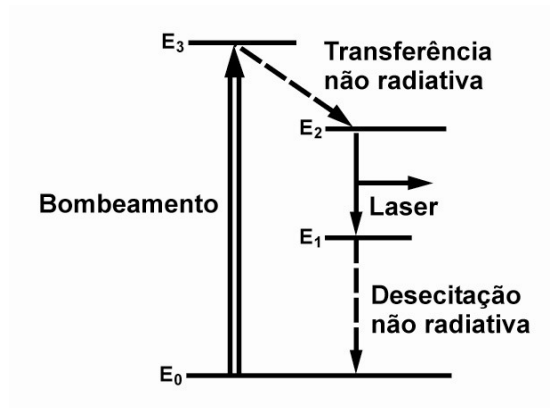
Onde, E é a energia liberada pelo átomo, f a frequência da radiação eletromagnética e h a constante de Plank ( $6,62 \times 10^{-34}$  Joules X segundos). Esta radiação gerada pelo decaimento energético do átomo excitado é conhecida como emissão espontânea, que pode ser exemplificado pelas lâmpadas fluorescentes e pelos LEDs.



**FIGURA A-1. SISTEMA LASER DE 3 NÍVEIS**

O bombeamento pode ser de natureza óptica (lâmpadas flash ou laser), elétrica ou química. O importante é que o sistema forneça energia suficiente para que ocorra inversão de população no meio ativo.

A maioria dos lasers de estado sólido bombeados por sistemas ópticos, possuem um rendimento energético muito baixo, em torno de 10%. Nestes casos, é imprescindível que haja um sistema de resfriamento eficiente para eliminar o calor gerado pela fonte de bombeamento e pelo meio ativo.



**FIGURA A-2: SISTEMA LASER DE 4 NÍVEIS**

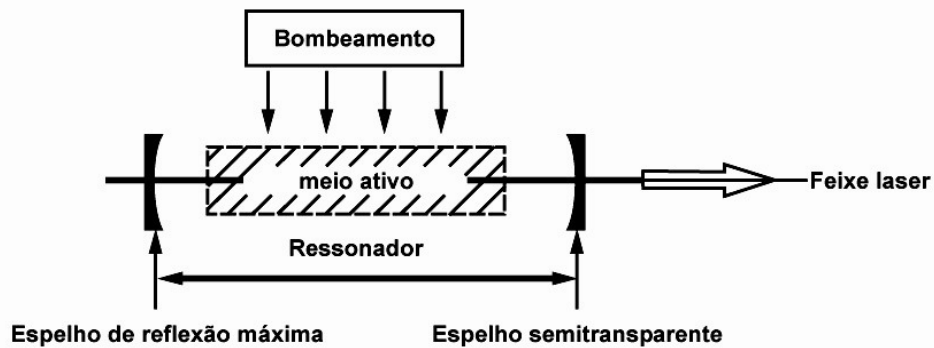
### **Cavidade ressonante**

A cavidade ressonante é constituída por espelhos que irão refletir os fótons emitidos pelo meio ativo. Uma cavidade ressonante típica é a cavidade de Pérot-Fabry. Ela é formada por dois espelhos planos, perpendiculares ao eixo do meio ativo e situados de cada lado desse meio. Um dos dois espelhos é semitransparente, de maneira que parte da radiação ficará confinada na cavidade ressonante e parte será liberada para fora desta (figura A-3).

Para essa cavidade específica a condição de ressonância pode ser representada por:

$$L=n\lambda/2$$

Onde  $L$  é a distância entre os dois espelhos,  $\lambda$  é comprimento de onda de ressonância e  $n$  um número inteiro qualquer.



**FIGURA A-3 ESQUEMA BÁSICO DE UM LASER**

Uma vez demonstrado o que é e como funciona o meio ativo, o sistema de bombeamento de energia e a cavidade ressonante, pode-se explicar então a amplificação da luz por emissão estimulada de radiação ou simplesmente LASER.

A energia bombeada em direção ao meio ativo irá provocar a emissão espontânea de fótons. Estes fótons são refletidos de maneira caótica contra a parede da cavidade ressonante. Os fótons refletidos em direção do meio ativo irão colidir-se com outros fótons. Desta colisão será gerado um novo fóton com as mesmas características (frequência, fase, direção, polarização). Como um dos espelhos é semi transparente, parte da radiação sairá da cavidade ressonante na forma de laser, a outra parte será refletida para o interior da cavidade ressonante para gerar outros fótons a partir da colisão destes. Podemos citar uma descrição mais complexa desse fenômeno, segundo Boulnois (1986).

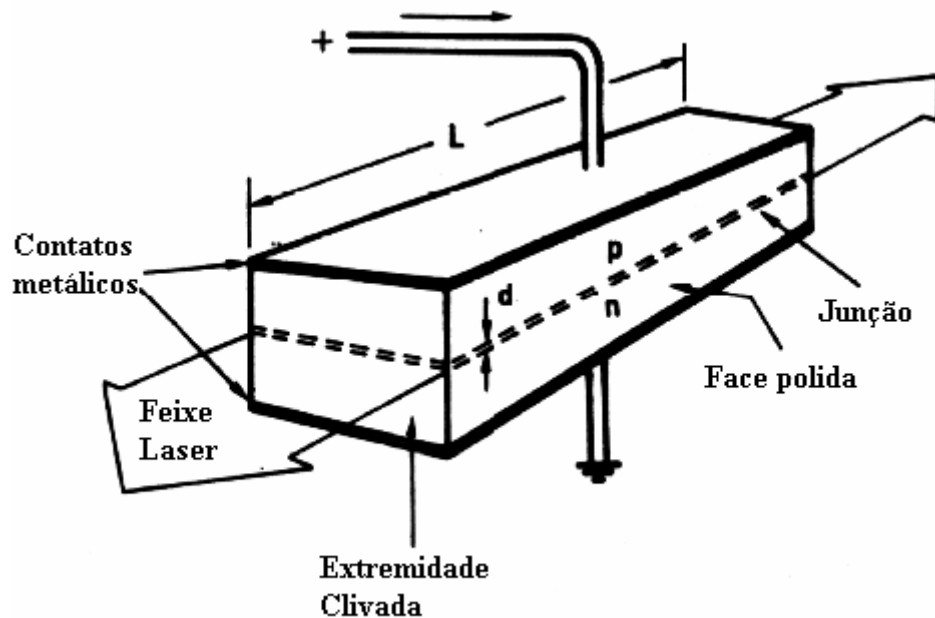
*...Sob influência do bombeamento, os átomos são elevados ao estado excitado. A emissão espontânea efetua-se a uma taxa superior àquela permitida pelo equilíbrio termodinâmico. Esta emissão ocorre em todas as direções, especificamente seguindo o eixo óptico do ressonador. Em seu trajeto formado de múltiplas reflexões entre os espelhos, essa radiação amplifica-se por emissão estimulada, a cada passagem no meio ativo. A nível do espelho transparente. Uma certa fração refletida efetua um trajeto inverso ao longo do eixo, resultando em aumento de intensidade na*

*cavidade. Este processo repete-se numerosas vezes, e resulta em uma “regeneração da radiação”, em que a energia armazenada no nível superior da transição é rapidamente convertida em uma onda eletromagnética muito intensa... a função do ressonador não é apenas garantir tal regeneração, mas também filtrar uma ou várias frequências de oscilação desse campo no interior da banda de emissão dos átomos ativos.*

## **Laser de Diodo**

Por ser o tipo de laser que será utilizado nesse experimento e por apresentar características específicas, será feita uma breve explicação deste laser.

Os lasers de Diodo ou de Semicondutores não possuem uma disposição clássica, como foi descrita acima, onde se pode claramente distinguir o meio ativo, o tipo de bombeamento e a cavidade ressonante. Estes diodos ou semicondutores são componentes eletrônicos, que ao serem excitados por corrente elétrica, emitem radiação laser. O diodo é constituído por duas faces, uma positiva e outra negativa. A junção destas duas faces é conhecida como junção p-n. As faces da junção p-n são trabalhadas de maneira a formarem superfícies paralelas refletoras, proporcionando uma cavidade dielétrica para as radiações emitidas. Portanto, a cavidade ressonante e o meio ativo nestes lasers são o próprio diodo (figura A-4).



**FIGURA A-4: ESQUEMA BÁSICO DE UM DIODO LASER**

Existem vários tipos de laser de diodo, mas os mais comuns são os laser formados por AsGa (arseneto de gálio), AlGaAs (arseneto de gálio-alumínio) e InGaAs (arseneto de gálio-índio). O arseneto de gálio foi reconhecido como material semicondutor na década de 70, e é um dos principais emissores de laser infravermelho no mercado.

Os lasers de diodo possuem um pequeno volume. Como exemplo, um laser de 50mW possui um volume de  $10\text{mm}^3$ . Esta característica permite a construção de equipamentos menores e possibilita uma vasta escala de aplicação destes lasers.

O baixo custo destes equipamentos, quando comparados com os lasers de cristal ou de estado gasoso, faz desta tecnologia uma forte tendência para os equipamentos futuros. Os lasers emitindo em baixa intensidade são fabricados hoje em dia, na sua grande maioria, com diodos laser. Além destes lasers, existem diodos laser que emitem alta intensidade de energia, os quais são usados para realizar cirurgias em tecido moles.

Atualmente, estes lasers emitem comprimentos de onda desde o azul até o infravermelho próximo.



## **Propriedades do laser**

Segundo Mailliet (1987), a propriedade mais importante da radiação laser é sua coerência, a qual se manifesta simultaneamente pela coerência temporal e pela coerência espacial.

Normalmente a coerência temporal é tratada como monocromaticidade, o que confere a cada emissor uma pequena banda de emissão, com apenas alguns nanômetros, onde existe um pico de emissão. Cientificamente e comercialmente, o comprimento de onda que caracteriza o emissor laser é o do seu pico de emissão.

A coerência espacial é caracterizada pela presença de uma frente de onda unifásica, ou seja, as ondas elétrons através de diferentes materiais semicondutores, produzindo uma emissão espontânea de fótons não coerentes. Para que não haja confusão com os diodos lasers, que emitem radiação coerente e podem gerar intensidade luminosa muito maior, o anexo A desse trabalho descreve o funcionamento dos lasers e as viajam no espaço de maneira similar. Esta propriedade confere a radiação laser uma grande direcionalidade, permitindo a concentração desta energia em um ponto de dimensão muito pequena, proporcionando grande densidade de energia.

A alta brilhância da radiação laser também está relacionada a grande concentração desta forma de energia em um ponto.

Portanto, as propriedades de monocromaticidade, direcionalidade e brilhância da radiação laser estão intimamente ligadas ao elevado grau de coerência espacial e temporal dessa radiação.

## Anexo B

### Média dos valores obtidos nas leituras de transmissão dos diversos comprimentos de onda através do géis clareadores

Hp maxx 470nm	Hp 470nm	Hp maxx 568nm	Hp 568nm	Hp maxx 590 nm	Hp 590nm	Hp maxx 612nm	Hp 612nm	Hp maxx 644nm	Hp 644nm
0,011	0,011	0,011	0,012	0,36	0,023	0,218	0,152	0,163	0,182
0,012	0,011	0,012	0,012	0,377	0,025	0,224	0,154	0,165	0,188
0,011	0,011	0,012	0,012	0,382	0,026	0,23	0,157	0,167	0,197
0,012	0,01	0,013	0,012	0,391	0,027	0,227	0,158	0,167	0,208
0,011	0,01	0,015	0,011	0,395	0,027	0,218	0,161	0,168	0,212
0,011	0,01	0,016	0,012	0,399	0,028	0,21	0,162	0,17	0,211
0,011	0,011	0,018	0,012	0,412	0,029	0,213	0,167	0,17	0,205
0,011	0,01	0,018	0,012	0,415	0,029	0,225	0,172	0,17	0,205
0,012	0,011	0,019	0,012	0,428	0,032	0,261	0,173	0,175	0,209
0,011	0,011	0,02	0,013	0,426	0,038	0,242	0,181	0,173	0,205
0,011	0,013	0,022	0,013	0,425	0,039	0,264	0,188	0,171	0,209
0,012	0,013	0,022	0,013	0,437	0,036	0,268	0,172	0,17	0,212
0,013	0,013	0,024	0,013	0,446	0,039	0,275	0,187	0,172	0,217
0,014	0,013	0,026	0,012	0,449	0,039	0,279	0,186	0,17	0,212
0,013	0,013	0,028	0,013	0,445	0,041	0,285	0,196	0,172	0,214
0,013	0,013	0,029	0,013	0,463	0,044	0,285	0,198	0,173	0,217
0,013	0,013	0,03	0,014	0,459	0,045	0,289	0,201	0,175	0,215
0,014	0,013	0,031	0,014	0,467	0,046	0,295	0,202	0,173	0,223
0,013	0,013	0,033	0,015	0,473	0,048	0,294	0,205	0,172	0,221
0,014	0,014	0,035	0,014	0,488	0,05	0,301	0,209	0,172	0,221
0,014	0,013	0,036	0,014	0,486	0,054	0,3	0,216	0,172	0,217
0,014	0,014	0,039	0,014	0,487	0,056	0,303	0,218	0,171	0,224
0,014	0,014	0,041	0,015	0,508	0,057	0,303	0,227	0,171	0,226
0,015	0,014	0,045	0,015	0,503	0,059	0,312	0,229	0,169	0,223
0,015	0,014	0,048	0,015	0,508	0,062	0,314	0,233	0,17	0,229
0,015	0,014	0,048	0,016	0,509	0,064	0,313	0,275	0,169	0,231
0,015	0,014	0,05	0,016	0,515	0,066	0,318	0,255	0,172	0,233
0,015	0,015	0,05	0,017	0,525	0,068	0,324	0,25	0,171	0,233
0,015	0,015	0,054	0,017	0,518	0,07	0,315	0,281	0,175	0,234
0,016	0,015	0,056	0,018	0,525	0,07	0,329	0,266	0,17	0,24
0,016	0,015	0,059	0,019	0,515	0,075	0,327	0,309	0,172	0,232
0,016	0,015	0,06	0,019	0,537	0,075	0,337	0,295	0,171	0,233
0,016	0,016	0,061	0,02	0,542	0,079	0,344	0,302	0,17	0,232
0,017	0,016	0,064	0,02	0,54	0,081	0,339	0,317	0,171	0,24
0,017	0,016	0,068	0,02	0,545	0,082	0,346	0,329	0,175	0,239
0,017	0,016	0,071	0,022	0,556	0,09	0,345	0,326	0,173	0,243
0,018	0,016	0,075	0,022	0,547	0,094	0,346	0,331	0,171	0,241

0,018	0,016	0,077	0,023	0,553	0,1	0,346	0,332	0,173	0,236
0,018	0,017	0,078	0,024	0,574	0,107	0,353	0,339	0,172	0,244
0,019	0,017	0,077	0,024	0,571	0,103	0,349	0,358	0,172	0,241
0,019	0,017	0,086	0,026	0,573	0,103	0,357	0,355	0,171	0,249
0,019	0,018	0,087	0,026	0,569	0,111	0,36	0,356	0,17	0,247
0,019	0,018	0,088	0,027	0,572	0,115	0,358	0,365	0,17	0,246
0,02	0,018	0,093	0,028	0,578	0,115	0,357	0,368	0,17	0,251
0,02	0,018	0,097	0,029	0,589	0,119	0,365	0,375	0,167	0,25
0,02	0,019	0,098	0,03	0,583	0,125	0,358	0,388	0,167	0,246
0,019	0,019	0,1	0,031	0,593	0,126	0,371	0,397	0,168	0,258
0,021	0,019	0,104	0,033	0,598	0,134	0,365	0,4	0,168	0,245
0,02	0,019	0,106	0,034	0,606	0,131	0,362	0,397	0,172	0,251
0,02	0,019	0,107	0,036	0,611	0,138	0,372	0,409	0,168	0,247
0,021	0,019	0,112	0,037	0,61	0,144	0,362	0,406	0,167	0,257
0,021	0,02	0,112	0,038	0,613	0,15	0,361	0,405	0,17	0,246
0,021	0,02	0,119	0,039	0,618	0,147	0,371	0,413	0,167	0,25
0,022	0,02	0,124	0,041	0,621	0,149	0,372	0,418	0,166	0,257
0,022	0,021	0,122	0,042	0,609	0,157	0,371	0,426	0,169	0,253
0,022	0,021	0,129	0,044	0,608	0,157	0,383	0,427	0,167	0,259
0,023	0,021	0,134	0,046	0,612	0,165	0,385	0,427	0,164	0,262
0,023	0,021	0,135	0,047	0,607	0,168	0,373	0,443	0,166	0,268
0,023	0,021	0,137	0,048	0,613	0,175	0,378	0,444	0,169	0,265
0,023	0,022	0,137	0,049	0,624	0,173	0,375	0,444	0,164	0,271
0,023	0,021	0,139	0,052	0,633	0,178	0,381	0,458	0,166	0,265
0,024	0,022	0,146	0,055	0,615	0,186	0,373	0,469	0,167	0,267
0,024	0,023	0,148	0,055	0,612	0,192	0,384	0,476	0,164	0,265
0,024	0,022	0,151	0,057	0,628	0,19	0,383	0,468	0,163	0,269
0,024	0,023	0,157	0,058	0,636	0,197	0,385	0,486	0,165	0,27
0,025	0,023	0,159	0,061	0,636	0,2	0,391	0,489	0,166	0,273
0,025	0,024	0,158	0,063	0,634	0,209	0,394	0,489	0,164	0,273
0,025	0,025	0,163	0,066	0,638	0,208	0,387	0,478	0,163	0,274
0,025	0,025	0,161	0,068	0,655	0,212	0,392	0,48	0,162	0,267
0,026	0,025	0,168	0,07	0,645	0,222	0,396	0,495	0,165	0,275
0,026	0,026	0,17	0,071	0,656	0,225	0,39	0,5	0,163	0,28
0,026	0,026	0,169	0,074	0,66	0,226	0,398	0,499	0,161	0,28
0,026	0,026	0,174	0,076	0,657	0,236	0,396	0,497	0,162	0,276
0,027	0,027	0,181	0,077	0,653	0,241	0,394	0,502	0,164	0,275
0,027	0,026	0,182	0,08	0,654	0,242	0,404	0,5	0,161	0,278
0,028	0,027	0,186	0,078	0,664	0,246	0,395	0,513	0,159	0,289
0,028	0,027	0,182	0,083	0,66	0,251	0,405	0,505	0,162	0,284
0,028	0,028	0,193	0,087	0,666	0,257	0,4	0,518	0,161	0,277
0,028	0,029	0,182	0,088	0,658	0,262	0,395	0,515	0,161	0,29
0,028	0,029	0,194	0,092	0,661	0,264	0,4	0,528	0,158	0,287
0,029	0,03	0,195	0,096	0,667	0,268	0,4	0,527	0,16	0,286
0,029	0,029	0,191	0,094	0,668	0,282	0,395	0,534	0,157	0,297

0,029	0,031	0,202	0,098	0,667	0,283	0,4	0,542	0,162	0,292
0,029	0,031	0,202	0,103	0,685	0,282	0,405	0,535	0,158	0,289
0,029	0,031	0,208	0,103	0,682	0,29	0,394	0,534	0,163	0,288
0,03	0,031	0,212	0,106	0,675	0,294	0,398	0,553	0,16	0,291
0,03	0,032	0,212	0,111	0,684	0,294	0,406	0,549	0,156	0,302
0,031	0,032	0,221	0,113	0,693	0,305	0,395	0,566	0,162	0,298
0,031	0,032	0,222	0,113	0,681	0,308	0,394	0,565	0,16	0,295
0,031	0,033	0,221	0,115	0,687	0,312	0,399	0,552	0,161	0,295
0,031	0,034	0,231	0,116	0,681	0,307	0,395	0,566	0,163	0,297
0,031	0,034	0,233	0,118	0,679	0,323	0,386	0,574	0,161	0,289
0,031	0,035	0,239	0,12	0,685	0,327	0,39	0,573	0,161	0,303
0,032	0,035	0,234	0,122	0,687	0,337	0,396	0,587	0,161	0,309
0,031	0,036	0,25	0,125	0,689	0,326	0,387	0,592	0,161	0,294
0,031	0,036	0,249	0,125	0,682	0,324	0,391	0,599	0,158	0,291
0,031	0,037	0,253	0,127	0,704	0,344	0,387	0,588	0,16	0,309
0,032	0,037	0,245	0,137	0,69	0,345	0,4	0,599	0,161	0,298
0,032	0,037	0,255	0,133	0,687	0,348	0,395	0,6	0,161	0,304
0,032	0,038	0,252	0,14	0,695	0,352	0,391	0,612	0,157	0,298
0,033	0,038	0,258	0,143	0,703	0,351	0,388	0,604	0,162	0,304
0,033	0,039	0,263	0,148	0,693	0,349	0,392	0,607	0,159	0,294
0,033	0,04	0,26	0,149	0,704	0,365	0,389	0,619	0,161	0,299
0,033	0,041	0,264	0,154	0,711	0,374	0,391	0,616	0,159	0,302
0,033	0,04	0,27	0,156	0,708	0,375	0,391	0,634	0,157	0,311
0,033	0,041	0,269	0,159	0,708	0,374	0,392	0,611	0,156	0,308
0,034	0,041	0,272	0,162	0,703	0,379	0,398	0,628	0,158	0,309
0,034	0,041	0,262	0,16	0,696	0,393	0,395	0,63	0,157	0,304
0,035	0,042	0,276	0,164	0,694	0,393	0,398	0,633	0,156	0,305
0,035	0,041	0,277	0,174	0,698	0,385	0,393	0,64	0,159	0,311
0,035	0,042	0,278	0,173	0,712	0,39	0,396	0,625	0,159	0,314
0,035	0,043	0,273	0,176	0,706	0,402	0,394	0,632	0,154	0,308
0,035	0,043	0,282	0,181	0,691	0,401	0,395	0,649	0,158	0,31
0,036	0,043	0,286	0,185	0,698	0,418	0,395	0,647	0,158	0,309
0,036	0,048	0,284	0,185	0,7	0,411	0,392	0,654	0,158	0,315
0,036	0,044	0,283	0,189	0,717	0,406	0,394	0,654	0,16	0,314
0,035	0,046	0,291	0,193	0,714	0,418	0,393	0,657	0,156	0,318
0,036	0,046	0,29	0,194	0,723	0,415	0,394	0,664	0,16	0,321
0,035	0,047	0,29	0,197	0,726	0,425	0,39	0,662	0,16	0,316
0,037	0,049	0,292	0,204	0,721	0,434	0,385	0,653	0,16	0,313
0,037	0,047	0,289	0,199	0,718	0,427	0,391	0,678	0,161	0,315
0,038	0,047	0,299	0,202	0,726	0,436	0,401	0,664	0,157	0,31
0,038	0,048	0,288	0,206	0,735	0,429	0,397	0,663	0,161	0,315
0,038	0,049	0,303	0,21	0,718	0,433	0,386	0,657	0,16	0,304
0,038	0,05	0,306	0,211	0,729	0,446	0,398	0,667	0,159	0,31
0,038	0,049	0,303	0,214	0,74	0,453	0,391	0,682	0,158	0,315
0,039	0,051	0,307	0,216	0,736	0,468	0,401	0,663	0,157	0,318

0,038	0,05	0,321	0,217	0,742	0,466	0,392	0,668	0,157	0,311
0,038	0,05	0,317	0,226	0,732	0,465	0,395	0,686	0,158	0,322
0,039	0,051	0,32	0,227	0,734	0,48	0,396	0,69	0,156	0,317
0,039	0,05	0,314	0,227	0,731	0,482	0,39	0,687	0,157	0,32
0,039	0,052	0,316	0,231	0,74	0,48	0,399	0,685	0,158	0,32
0,04	0,052	0,309	0,231	0,742	0,484	0,399	0,687	0,155	0,312
0,04	0,053	0,323	0,239	0,746	0,489	0,407	0,686	0,156	0,312
0,04	0,053	0,322	0,241	0,726	0,504	0,4	0,704	0,156	0,319
0,04	0,054	0,331	0,243	0,737	0,505	0,399	0,704	0,155	0,31
0,041	0,054	0,31	0,25	0,727	0,5	0,403	0,714	0,155	0,306
0,04	0,054	0,322	0,251	0,746	0,507	0,404	0,712	0,156	0,321
0,04	0,055	0,344	0,256	0,728	0,514	0,405	0,697	0,157	0,327
0,04	0,055	0,341	0,26	0,737	0,509	0,398	0,71	0,154	0,325
0,04	0,056	0,319	0,26	0,731	0,515	0,399	0,72	0,154	0,319
0,04	0,056	0,341	0,265	0,733	0,52	0,399	0,716	0,156	0,32
0,041	0,056	0,332	0,268	0,746	0,522	0,391	0,721	0,154	0,322
0,041	0,058	0,331	0,27	0,73	0,528	0,401	0,717	0,151	0,316
0,04	0,059	0,342	0,272	0,752	0,53	0,4	0,718	0,154	0,333
0,041	0,058	0,346	0,275	0,749	0,536	0,409	0,734	0,155	0,315
0,042	0,06	0,348	0,276	0,735	0,534	0,407	0,742	0,153	0,313
0,042	0,058	0,347	0,283	0,757	0,538	0,399	0,73	0,154	0,301
0,042	0,059	0,352	0,282	0,761	0,553	0,396	0,72	0,154	0,32
0,042	0,06	0,348	0,289	0,774	0,55	0,403	0,725	0,152	0,325
0,043	0,062	0,351	0,292	0,763	0,548	0,407	0,741	0,153	0,316
0,043	0,061	0,351	0,296	0,752	0,557	0,402	0,731	0,15	0,314
0,043	0,062	0,355	0,299	0,759	0,556	0,415	0,736	0,149	0,323
0,043	0,065	0,359	0,297	0,754	0,564	0,402	0,755	0,151	0,324
0,042	0,062	0,356	0,302	0,765	0,576	0,411	0,765	0,15	0,317
0,043	0,062	0,363	0,299	0,764	0,576	0,413	0,75	0,152	0,32
0,043	0,062	0,355	0,307	0,738	0,585	0,403	0,765	0,149	0,319
0,043	0,065	0,363	0,309	0,765	0,59	0,416	0,763	0,147	0,325
0,043	0,063	0,364	0,318	0,754	0,588	0,411	0,757	0,152	0,325
0,044	0,064	0,375	0,315	0,756	0,596	0,407	0,761	0,151	0,32
0,044	0,065	0,367	0,317	0,75	0,6	0,411	0,758	0,151	0,326
0,044	0,065	0,367	0,326	0,745	0,605	0,403	0,749	0,151	0,322
0,043	0,066	0,374	0,324	0,761	0,608	0,4	0,758	0,151	0,32
0,044	0,064	0,369	0,329	0,76	0,602	0,389	0,765	0,147	0,321
0,044	0,066	0,384	0,323	0,745	0,621	0,383	0,767	0,148	0,323
0,045	0,067	0,381	0,338	0,749	0,624	0,385	0,762	0,15	0,326
0,045	0,066	0,383	0,342	0,771	0,638	0,38	0,766	0,149	0,324
0,045	0,069	0,383	0,347	0,761	0,624	0,397	0,759	0,148	0,317
0,045	0,07	0,384	0,346	0,764	0,638	0,388	0,77	0,148	0,33
0,045	0,067	0,38	0,349	0,766	0,644	0,387	0,78	0,15	0,329
0,046	0,068	0,382	0,351	0,776	0,649	0,388	0,787	0,151	0,325
0,045	0,072	0,383	0,351	0,757	0,658	0,385	0,786	0,149	0,322

0,046	0,07	0,37	0,354	0,751	0,665	0,373	0,786	0,149	0,319
0,045	0,071	0,38	0,36	0,746	0,659	0,367	0,782	0,15	0,318
0,046	0,072	0,384	0,359	0,747	0,668	0,371	0,782	0,15	0,317
0,045	0,07	0,395	0,367	0,77	0,664	0,372	0,775	0,148	0,322
0,046	0,072	0,392	0,362	0,775	0,657	0,367	0,784	0,147	0,313
0,046	0,072	0,4	0,354	0,778	0,671	0,366	0,792	0,15	0,312
0,046	0,073	0,399	0,36	0,772	0,665	0,374	0,79	0,149	0,315
0,045	0,073	0,397	0,37	0,768	0,68	0,371	0,779	0,148	0,315
0,045	0,076	0,399	0,37	0,758	0,689	0,369	0,795	0,148	0,326
0,046	0,075	0,397	0,38	0,755	0,687	0,368	0,799	0,147	0,318
0,046	0,075	0,395	0,383	0,781	0,693	0,376	0,799	0,147	0,317
0,046	0,075	0,398	0,387	0,762	0,684	0,389	0,793	0,148	0,325
0,046	0,077	0,402	0,388	0,752	0,686	0,398	0,79	0,149	0,328
0,046	0,076	0,412	0,391	0,764	0,688	0,398	0,798	0,148	0,316
0,046	0,078	0,396	0,399	0,772	0,689	0,398	0,8	0,149	0,325
0,047	0,077	0,41	0,396	0,763	0,699	0,398	0,771	0,149	0,321
0,047	0,08	0,406	0,398	0,79	0,704	0,399	0,788	0,148	0,33
0,045	0,081	0,402	0,396	0,778	0,717	0,401	0,779	0,148	0,32
0,045	0,08	0,403	0,397	0,753	0,717	0,402	0,786	0,148	0,327
0,046	0,079	0,41	0,398	0,77	0,724	0,401	0,795	0,148	0,32
0,047	0,081	0,404	0,404	0,759	0,724	0,4	0,804	0,147	0,328
0,047	0,08	0,41	0,405	0,773	0,726	0,399	0,788	0,147	0,327
0,047	0,078	0,391	0,413	0,773	0,717	0,397	0,801	0,145	0,331
0,047	0,079	0,417	0,415	0,759	0,717	0,398	0,782	0,145	0,332
0,047	0,079	0,414	0,424	0,761	0,725	0,4	0,788	0,147	0,314
0,046	0,08	0,412	0,424	0,75	0,718	0,403	0,785	0,146	0,321
0,047	0,08	0,415	0,429	0,75	0,735	0,407	0,803	0,148	0,323
0,047	0,082	0,4	0,431	0,762	0,738	0,399	0,807	0,147	0,324
0,047	0,085	0,418	0,424	0,762	0,732	0,402	0,799	0,146	0,323
0,048	0,084	0,407	0,436	0,769	0,727	0,397	0,813	0,145	0,333
0,048	0,086	0,41	0,43	0,77	0,727	0,41	0,808	0,146	0,326
0,048	0,084	0,42	0,425	0,755	0,742	0,401	0,82	0,146	0,326
0,048	0,084	0,422	0,427	0,771	0,744	0,395	0,824	0,146	0,328
0,047	0,086	0,421	0,439	0,767	0,759	0,404	0,817	0,143	0,327
0,049	0,085	0,422	0,434	0,758	0,765	0,401	0,827	0,147	0,319
0,049	0,086	0,427	0,434	0,778	0,752	0,395	0,814	0,145	0,327
0,048	0,086	0,417	0,438	0,756	0,77	0,395	0,815	0,142	0,329
0,049	0,085	0,414	0,44	0,772	0,771	0,396	0,813	0,144	0,336
0,049	0,086	0,397	0,441	0,78	0,753	0,397	0,816	0,142	0,332
0,049	0,086	0,414	0,443	0,768	0,769	0,391	0,827	0,143	0,327
0,05	0,087	0,42	0,44	0,784	0,771	0,393	0,817	0,146	0,32
0,049	0,092	0,415	0,455	0,767	0,769	0,399	0,816	0,143	0,323
0,049	0,089	0,411	0,461	0,776	0,775	0,397	0,806	0,144	0,315
0,049	0,088	0,412	0,45	0,784	0,795	0,389	0,834	0,145	0,33
0,048	0,091	0,429	0,459	0,784	0,781	0,396	0,834	0,146	0,328

0,049	0,094	0,415	0,457	0,782	0,792	0,392	0,819	0,146	0,308
0,049	0,094	0,436	0,467	0,782	0,786	0,393	0,806	0,143	0,331
0,049	0,094	0,414	0,468	0,79	0,787	0,392	0,841	0,141	0,322
0,049	0,095	0,433	0,472	0,774	0,786	0,387	0,799	0,143	0,315
0,049	0,092	0,441	0,47	0,8	0,791	0,393	0,834	0,145	0,313
0,049	0,096	0,419	0,468	0,796	0,795	0,393	0,826	0,145	0,328
0,049	0,095	0,426	0,483	0,778	0,792	0,392	0,826	0,144	0,321
0,05	0,093	0,436	0,481	0,757	0,801	0,388	0,846	0,14	0,327
0,05	0,094	0,441	0,477	0,776	0,817	0,388	0,82	0,144	0,318
0,05	0,095	0,424	0,484	0,794	0,796	0,391	0,836	0,143	0,322
0,05	0,095	0,441	0,48	0,777	0,809	0,396	0,829	0,143	0,323
0,049	0,095	0,432	0,47	0,775	0,804	0,392	0,834	0,144	0,319
0,049	0,096	0,433	0,479	0,803	0,805	0,391	0,859	0,143	0,314
0,048	0,095	0,433	0,477	0,779	0,79	0,382	0,86	0,141	0,314
0,05	0,099	0,434	0,481	0,785	0,802	0,396	0,858	0,142	0,325
0,051	0,101	0,444	0,482	0,788	0,827	0,392	0,852	0,142	0,329
0,05	0,099	0,436	0,488	0,805	0,813	0,395	0,861	0,14	0,333
0,05	0,098	0,431	0,491	0,794	0,825	0,38	0,858	0,139	0,324
0,05	0,095	0,425	0,488	0,799	0,811	0,37	0,852	0,139	0,325
0,05	0,094	0,442	0,494	0,79	0,81	0,359	0,853	0,137	0,33
0,05	0,099	0,434	0,504	0,783	0,823	0,36	0,86	0,141	0,327
0,05	0,095	0,444	0,498	0,798	0,839	0,366	0,855	0,141	0,318
0,05	0,098	0,43	0,5	0,795	0,851	0,371	0,843	0,142	0,32
0,05	0,099	0,433	0,496	0,79	0,845	0,369	0,839	0,141	0,329
0,051	0,101	0,442	0,508	0,801	0,845	0,378	0,838	0,138	0,331
0,05	0,099	0,441	0,508	0,799	0,831	0,371	0,868	0,141	0,334
0,051	0,104	0,441	0,507	0,785	0,849	0,371	0,852	0,14	0,334
0,05	0,1	0,446	0,511	0,804	0,847	0,379	0,84	0,14	0,328
0,052	0,101	0,435	0,513	0,804	0,849	0,378	0,86	0,137	0,324
0,05	0,1	0,446	0,506	0,8	0,823	0,381	0,853	0,137	0,327
0,051	0,1	0,439	0,509	0,795	0,822	0,377	0,859	0,139	0,325
0,051	0,101	0,447	0,509	0,805	0,869	0,381	0,857	0,139	0,32
0,05	0,101	0,449	0,522	0,789	0,844	0,421	0,844	0,139	0,323
0,051	0,1	0,46	0,52	0,785	0,863	0,41	0,862	0,14	0,326
0,05	0,1	0,458	0,509	0,787	0,856	0,414	0,875	0,14	0,32
0,05	0,101	0,458	0,517	0,787	0,878	0,406	0,874	0,139	0,328
0,05	0,1	0,457	0,52	0,797	0,879	0,4	0,842	0,142	0,317
0,051	0,101	0,446	0,514	0,801	0,866	0,407	0,875	0,143	0,322
0,052	0,103	0,447	0,516	0,797	0,869	0,405	0,88	0,141	0,327
0,051	0,104	0,466	0,514	0,786	0,866	0,399	0,882	0,143	0,323
0,052	0,102	0,45	0,524	0,797	0,861	0,407	0,864	0,142	0,317
0,051	0,105	0,446	0,531	0,797	0,856	0,417	0,865	0,141	0,315
0,052	0,107	0,45	0,523	0,805	0,865	0,409	0,828	0,14	0,329
0,052	0,105	0,455	0,524	0,797	0,879	0,406	0,833	0,139	0,332
0,052	0,108	0,449	0,532	0,803	0,878	0,402	0,87	0,139	0,321

0,052	0,105	0,457	0,535	0,786	0,889	0,403	0,858	0,141	0,322
0,053	0,107	0,459	0,528	0,777	0,875	0,418	0,863	0,138	0,323
0,051	0,107	0,462	0,53	0,787	0,892	0,426	0,853	0,142	0,326
0,052	0,108	0,46	0,52	0,804	0,854	0,419	0,865	0,14	0,313
0,051	0,107	0,462	0,528	0,794	0,885	0,419	0,849	0,14	0,324
0,052	0,106	0,461	0,541	0,815	0,89	0,417	0,85	0,141	0,317
0,051	0,107	0,45	0,546	0,813	0,883	0,421	0,862	0,139	0,316
0,052	0,108	0,468	0,544	0,797	0,868	0,418	0,857	0,142	0,32
0,051	0,108	0,462	0,542	0,79	0,9	0,421	0,873	0,141	0,315
0,052	0,111	0,472	0,543	0,797	0,881	0,419	0,865	0,141	0,334
0,051	0,112	0,466	0,547	0,817	0,874	0,423	0,879	0,141	0,324
0,052	0,111	0,455	0,548	0,807	0,903	0,415	0,858	0,142	0,318
0,051	0,111	0,458	0,543	0,793	0,886	0,417	0,858	0,141	0,319
0,051	0,112	0,469	0,541	0,801	0,898	0,419	0,875	0,144	0,329
0,051	0,113	0,483	0,536	0,784	0,9	0,409	0,861	0,141	0,33
0,051	0,11	0,478	0,541	0,808	0,898	0,407	0,877	0,139	0,326
0,051	0,113	0,484	0,533	0,811	0,892	0,408	0,854	0,143	0,336
0,05	0,114	0,477	0,541	0,807	0,896	0,406	0,886	0,144	0,339
0,05	0,114	0,48	0,543	0,811	0,925	0,392	0,863	0,141	0,329
0,051	0,115	0,486	0,549	0,804	0,909	0,403	0,877	0,142	0,337
0,051	0,116	0,469	0,54	0,818	0,893	0,395	0,864	0,139	0,335
0,052	0,114	0,477	0,554	0,806	0,854	0,389	0,872	0,141	0,346
0,051	0,114	0,47	0,552	0,795	0,922	0,409	0,879	0,139	0,336
0,052	0,114	0,472	0,544	0,794	0,915	0,409	0,857	0,142	0,337
0,051	0,117	0,476	0,543	0,818	0,923	0,401	0,879	0,143	0,334
0,052	0,118	0,457	0,541	0,803	0,915	0,397	0,887	0,14	0,331
0,052	0,118	0,475	0,554	0,793	0,907	0,395	0,864	0,142	0,33
0,051	0,116	0,477	0,537	0,802	0,919	0,402	0,864	0,14	0,333
0,052	0,118	0,471	0,556	0,795	0,933	0,406	0,867	0,139	0,341
0,05	0,118	0,477	0,558	0,804	0,921	0,395	0,869	0,139	0,335
0,051	0,117	0,472	0,563	0,813	0,925	0,403	0,848	0,136	0,333
0,051	0,114	0,471	0,558	0,806	0,916	0,401	0,861	0,137	0,327
0,051	0,116	0,479	0,568	0,789	0,929	0,398	0,875	0,137	0,334
0,051	0,116	0,464	0,569	0,789	0,925	0,401	0,868	0,137	0,336
0,051	0,118	0,477	0,56	0,813	0,942	0,397	0,884	0,138	0,32
0,051	0,117	0,459	0,568	0,804	0,925	0,408	0,86	0,14	0,329
0,051	0,116	0,493	0,573	0,802	0,951	0,392	0,886	0,136	0,32
0,051	0,118	0,481	0,567	0,803	0,946	0,406	0,848	0,14	0,322



### Anexo C

#### Média dos valores obtidos nas leituras de variação de temperatura no gel Whiteness Hp Maxx irradiado por diferentes comprimentos de onda

470nm	568nm	590nm	612nm	644nm	controle Hp maxx
35,3	35,5	34,6	34,7	34	33,7
34,9	35,1	34,3	34,5	33,7	33,5
34,6	34,7	34	34,3	33,5	33
34,2	34,2	33,8	34,1	33,2	32,8
33,6	33,8	33,2	33,8	32,9	32,5
33,4	33,4	32,7	33,5	32,6	32,1
33,1	33	32,4	33,1	32,3	31,4
32,8	32,6	31,8	32,7	32,1	30,9
32,5	31,6	31,2	32,4	31,7	30,7
32	31,5	31	32	31,6	30,5
31,7	31,2	30,6	31,7	30,7	30,1
30,7	31,1	30,4	30,9	30,5	29,9
30,5	30,9	30,1	30,5	30,1	29,6
30,2	30,8	30	30,2	30	29,3
30	30,6	29,7	30	29,7	29,1
29,8	30,5	29,5	29,7	29,6	29
29,6	30,3	29,3	29,5	29,3	28,8
29,2	30,1	29,1	29,2	29,2	28,5
29,2	30,1	29	29,2	29	28,4
29	29,9	28,8	28,9	28,8	28,2
28,8	29,7	28,6	28,8	28,7	28,1
28,6	29,7	28,3	28,7	28,6	27,9
28,5	29,6	28,3	28,4	28,4	27,7
28,4	29,5	28,1	28,3	28,3	27,3
28,3	29,4	28	28,2	28,2	27,1
28,2	29,3	27,8	28,1	28,1	27
28,1	29,2	27,7	28	27,9	26,9
28	29,1	27,6	27,9	27,8	26,8
27,9	29,1	27,6	27,8	27,8	26,8
27,8	29	27,5	27,7	27,7	26,7
27,8	28,9	27,4	27,7	27,6	26,7

**Média dos valores obtidos nas leituras de variação de temperatura no gel Whiteness Hp irradiado por diferentes comprimentos de onda.**

470nm	568nm	590nm	612nm	644nm	controle Hp
35,5	35,7	35,4	34,5	34,5	33,8
35,3	35,4	35,2	33,8	34,1	33,3
34,8	34,8	34,9	33,4	33,8	33
34,4	34,6	34,6	33,1	33,3	32,5
34,1	34,2	34,2	32,7	33	31,9
33,8	33,9	33,8	32,5	32,8	31
33,3	33,5	33,3	32,2	32,5	30,6
33	33,3	33	31,9	32,3	30,3
32,6	32,4	32,6	31,6	31,9	30
32,2	32	32,3	30,8	31,8	29,7
32	31,6	31,4	30,5	31,4	29,5
31,7	31,3	31	30,2	30,5	29,2
31,3	31,1	30,8	30	30,3	29
30,5	30,9	30,5	29,8	30	28,7
30,2	30,7	30,3	29,6	29,8	28,5
29,9	30,6	30,1	29,4	29,6	28,3
29,6	30,2	29,9	29,3	29,3	28,2
29,4	30,1	29,6	29,1	29,1	28
29,2	30	29,4	28,9	28,9	27,8
29,1	29,8	29,2	28,8	28,7	27,8
28,9	29,7	29	28,7	28,6	27,6
28,7	29,5	28,9	28,6	28,5	27,5
28,6	29,3	28,7	28,4	28,3	27,5
28,4	29,2	28,6	28,2	28,2	27,4
28,3	29,1	28,5	28,1	28,1	27,3
25,2	29	28,5	28	27,9	27,2
28,1	28,9	28,3	27,9	27,8	27,1
27,9	28,8	28,1	27,8	27,7	27
27,8	28,7	27,9	27,7	27,7	26,8
27,7	28,6	27,8	27,6	27,6	26,7
27,7	28,4	27,7	27,4	27,4	26,6

## ANEXO D – DEPÓSITO DE REGISTRO DE MODELO DE UTILIDADE

### Depósito de pedido nacional de Patente

(21) N° do Pedido:	MU8203339-0
(22) Data do Depósito:	27/12/2002
(51) Classificação:	<p><a href="#">A61C 17/00</a> ;</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> <p style="text-align: center;"><b>A61C 17/00</b></p> <hr/> <p>Devices for cleaning, polishing, rinsing or drying teeth, teeth cavities or prostheses (instruments acting like a sandblast machine A61C 3/025; tooth polishing discs or holders therefor A61C 3/06; devices for cleaning between the teeth A61C 15/00); Saliva removers; Dental appliances for receiving spittle[5]</p> </div> <p><a href="#">A61N 5/067</a></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;"><b>A61N 5/067</b></p> <hr/> <p>using laser light[7]</p> </div>
(54) Título:	EQUIPAMENTO PARA CLAREAMENTO DENTAL POR MEIO DE LEDS COM COMPRIMENTO DE ONDA ENTRE 350NM E 700NM COM OU SEM EMISSAO DE LASER NO INFRAVERMELHO DOTADO DE SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO
(57) Resumo:	"EQUIPAMENTO PARA CLAREAMENTO DENTAL POR MEIO DE LEDS COM COMPRIMENTO DE ONDA ENTRE 350nm E 700nm, COM OU SEM EMISSÃO DE LASER NO INFRAVERMELHO, DOTADO DE SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO". Emissor de luz não coerente destinado a aplicação em clareamento dental, compreendido por uma sonda com um arranjo de LEDs, independentemente ou em conjunto, nas cores ultravioleta, violeta, azul, verde, amarelo, laranja e vermelho, com ou sem uma fonte laser de emissão no infravermelho próximo, montado em uma base dotada de orifícios para circulação de ar, acoplada em um mini exaustor, onde a sonda estará conectada ao módulo controlador, possibilitando a emissão contínua ou pulsada dos LEDs, assim como a modulação da intensidade luminosa destes.
(71) Nome do Depositante:	Universidade Federal de Minas Gerais (BR/MG)
(72) Nome do Inventor:	Marcos Pinotti Barbosa / Marcus Vinícius Lucas Ferreira