



Universidade Estadual de Maringá  
Centro de Ciências da Saúde  
Programa de Pós-graduação em Odontologia Integrada

TALISSA MAYER GARRIDO

AVALIAÇÃO *IN VITRO* DA FLUORESCÊNCIA DE  
RESINAS COMPOSTAS APÓS ENVELHECIMENTO  
NATURAL

Maringá

2015

TALISSA MAYER GARRIDO

AVALIAÇÃO *IN VITRO* DA FLUORESCÊNCIA DE  
RESINAS COMPOSTAS APÓS ENVELHECIMENTO  
NATURAL

Trabalho de dissertação apresentado  
ao Programa de Pós-graduação em  
Odontologia Integrada da  
Universidade Estadual de Maringá,  
como requisito parcial à obtenção do  
título de Mestre em Odontologia  
Integrada

**Orientadora:** Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Raquel Sano  
Suga Terada

**Co-orientadora:** Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Francielle  
Sato

Maringá

2015

TALISSA MAYER GARRIDO

AVALIAÇÃO *IN VITRO* DA FLUORESCÊNCIA DE RESINAS  
COMPOSTAS APÓS ENVELHECIMENTO NATURAL

Trabalho de dissertação apresentado  
ao Programa de Pós-graduação em  
Odontologia Integrada da  
Universidade Estadual de Maringá,  
como requisito parcial à obtenção do  
título de Mestre em Odontologia  
Integrada

**Orientadora:** Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Raquel Sano  
Suga Terada

**Co-orientadora:** Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Francielle  
Sato

COMISSÃO EXAMINADORA:

---

**Prof. Dr. Ronaldo Hirata**

Departamento de Biomateriais e Biomimética – Universidade de Nova Iorque

---

**Prof. Dr. Antonio Medina Neto**

Departamento de Física - Universidade Estadual de Maringá

---

**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Raquel Sano Suga Terada**

Departamento de Odontologia - Universidade Estadual de Maringá

Maringá, 26 de janeiro de 2015

## **Dedicatória**

Aos meus pais, Deocler Aparecida Mayer Garrido e Paulo Wilson Garrido, por  
todo o apoio dado em minha vida.

## Agradecimentos

A Deus que me deu a vida, sabedoria e guiou meus passos para que mais uma conquista fosse alcançada.

Aos meus pais, Deocler e Paulo Garrido, não apenas agradeço, mas dedico este trabalho, vocês são meu alicerce e se hoje concluo esta etapa da minha vida, é graças ao incentivo e motivação de vocês. Vocês são tudo em minha vida.

À minha irmã Taisa, não apenas uma irmã, mas uma amiga, sempre ao meu lado, me ajudando e completando a minha família.

Aos meus avôs, Esmênia e Pedro Garrido, Eclair e Darci Mayer. Alguns não estão presentes mais, mas estão em nossos corações e a contribuição de quem sou hoje começou em vocês.

Ao meu namorado, Natan Rassi, obrigada pela paciência, pelo incentivo, carinho e por estar presente em minha vida, você é fundamental nela.

À minha orientadora, Raquel Terada, mais que uma professora, tornou-se uma amiga. Foram pelo menos 5 anos de trabalho, e não seria possível escrever aqui o quanto aprendi com você. Me espelharei em você, como pessoa e mestre, você transmite sabedoria e dedicação. Obrigada pelos ensinamentos, puxões de orelha e cumplicidade.

Aos professores Antônio Medina e Francielle Sato. Obrigada pela dedicação, inteligência e ensinamentos transmitidos, e também pela paciência. Sem vocês seria impossível a realização deste trabalho, vocês se empenharam nele, como se fosse de vocês. Da mesma maneira agradeço ao Departamento de física da UEM, que esteve sempre de portas abertas para nossas dúvidas, dificuldades e realização da pesquisa, principalmente à Lidiane Vizioli que me acompanhou nos primeiros passos de laboratório.

Ao professor Ronaldo Hirata, por ter aceitado prontamente o nosso convite, e dado tamanha contribuição desde a qualificação. Seu conhecimento é muito importante para a conclusão deste trabalho. É um honra ter um ícone da dentística como minha banca.

Ao meu parceiro de laboratório, Victor Hugo Guidini, que também se tornou um amigo, e mesmo estando apenas no segundo ano da graduação mostrou-se extremamente responsável e competente, dividiu todas as ta

comigo e foi fundamental para finalizarmos o trabalho. Tenho certeza que terá um futuro brilhante como mestre.

Aos meus amigos de turma, que transformaram horas e mais horas de aulas e inúmeras apresentações de trabalho em momentos agradáveis, sempre com companheirismo, amizade, bom humor. Tenho certeza que fiz grandes amigos que levarei pra vida toda. Amanda, Bruna, Camila, Carla, Glenda, Humberto, Lais, Larisa, Lyz, Mariana, Rafael, vocês são pessoas maravilhosas, são e continuarão sendo profissionais brilhantes, o futuro de você está garantido.

Quando assistimos uma banca, e vemos as pessoas emocionadas, muitas vezes não entendemos o significado disso. Quando passamos por este momento, sabemos que a emoção é resultado não apenas de 2 anos de dedicação, mas sim o fruto da dedicação de uma vida toda, que nos permite mais uma vez concluir com êxito um trabalho. Obrigada a todos que fizeram parte diretamente e indiretamente dessa conquista.

“Se quiser triunfar na vida, faça da perseverança, a sua melhor amiga; da experiência, o seu sábio conselheiro; da prudência, o seu irmão mais velho; e da esperança, o seu anjo guardião”

# Sumário

<b>1. Contextualização</b> .....	9
<b>1.1 Estrutura dentária</b> .....	9
<b>1.2 Conceitos básicos da radiação eletromagnética com a matéria</b> .....	10
<b>1.3 Propriedades ópticas da estrutura dentária</b> .....	12
<b>1.4 Propriedades ópticas das resinas compostas</b> .....	14
<b>1.5 Fluorescência</b> .....	16
<b>1.5.1 Determinação da fluorescência do dente natural e das resinas compostas</b> .....	18
<b>2. Referências</b> .....	24
<b>3. Artigo: Avaliação <i>in vitro</i> da fluorescência de resinas compostas após envelhecimento natural</b> .....	29
<b>3.1 Resumo</b> .....	29
<b>3.2 Abstract</b> .....	30
<b>3.3 Introdução</b> .....	31
<b>3.4 Materiais e métodos</b> .....	32
<b>3.5 Resultados</b> .....	35
<b>3.6 Discussão</b> .....	38
<b>3.7 Conclusão</b> .....	42
<b>3.8 Referências</b> .....	43
<b>4. Anexos</b> .....	46
<b>Anexo 1: Documento de aprovação de pesquisa pelo COPEP</b> .....	46
<b>Anexo 2: Curvas médias da fluorescência do esmalte humano nas excitações de 375, 395 e 410 nm</b> .....	47
<b>Anexo 3: Curvas médias da fluorescência da dentina humana nas excitações de 375, 395 e 410 nm</b> .....	49
<b>Anexo 4: Intensidade de fluorescência e variação em relação ao tempo inicial das resinas compostas avaliadas</b> .....	51
<b>Anexo 5: Mapas de emissão e excitação de todas as resinas compostas avaliadas</b> .....	53



# 1. Contextualização

## 1.1 Estrutura dentária

O dente humano é formado pelo esmalte dentário, a dentina, o cemento e o órgão pulpar. O esmalte é o tecido mais mineralizado do corpo, consistindo em mais de 96% de matéria inorgânica, na forma de cristais de apatita, e traços de matéria orgânica. O esmalte define a coroa anatômica do dente. É avascular, branco, cinza azulado ou amarelo devido à dentina subjacente, tem espessura máxima de 2,0 a 3,0 mm, tornando-se mais delgado à medida que alcança o colo dentário. O esmalte é um tecido translúcido e a cor da dentina reparadora e/ou qualquer material abaixo afeta significativamente sua aparência (RISNES; RADLANSKI; RENZ; 1998, ZIJP; 2001).

Os cristais de apatita em meio ao esmalte se agregam de forma diferenciada, criando a configuração dos prismas de esmalte, separados por regiões interprismáticas. As proteínas que integram a estrutura do tecido são enamulina e amelogenina. Assim, temos que a unidade básica do esmalte é o prisma ou bastão, o qual é criado por diferenças na orientação dos cristais. Na superfície do esmalte, a estrutura do prisma é irregular ou está ausente. Cada prisma é rodeado por uma bainha criada por diferenças na angulação do cristal; esses limites contêm mais proteínas do que em outras regiões (NANCI; 2011).

A partir da junção amelodentinária, os prismas seguem um trajeto tortuoso até a superfície do dente. Os prismas se dispõem em fileiras arranjadas circunferencialmente ao redor do longo eixo do dente. Em cada fileira, os prismas correm em direção perpendicular à superfície do dente. No topo das cúspides as fileiras têm uma área pequena e os prismas se colocam verticalmente. Na região cervical, ao contrário, os prismas estão colocados no sentido horizontal e algumas fileiras estão inclinadas para apical (NANCI; 2011, OSBORN; 1971).

A dentina é um tecido conjuntivo avascular, mineralizado, de tonalidade branco-amarelada, especializado, que forma o corpo do dente, suportando e compensando a fragilidade do esmalte. É recoberta pelo esmalte na sua porção coronária e pelo cemento na porção radicular. Por ser um tecido vivo, contém prolongamentos de células especializadas e substância intercelular. Dentina e polpa formam um complexo em íntima relação topográfica, embriológica e funcional, por isso têm características biológicas comuns (NANCI; 2011).

A dentina é constituída fundamentalmente por matéria inorgânica (70%), matéria orgânica (20%) e água (10%). Esta composição varia com a idade do dente, devido à sua mineralização progressiva, mesmo já estando totalmente formada. A porção inorgânica consiste de sais minerais sob a forma de cristais de hidroxiapatita. A porção orgânica consta de fibras colágenas tipo I (17%), dispostas em pequenos feixes ao redor e entre os prolongamentos odontoblásticos. Estas fibras são unidas e cimentadas por uma substância amorfa de natureza glicoproteica (lipídios, glicosaminoglicanas e compostos protéicos) (NANCI; 2011, SUGA; 1983).

## 1.2 Conceitos básicos da radiação eletromagnética com a matéria

Devido à complexidade da orientação dos constituintes do esmalte e da dentina, a reprodução óptica de uma restauração, de acordo com as propriedades dos dentes naturais, é um dos maiores desafios da odontologia. O termo mais utilizado para definir tais propriedades é “cor dentária”, sendo a cor uma propriedade da matéria. O fator físico determinante são os comprimentos mensuráveis de ondas de luz. A percepção psicológica da cor pelos humanos é subjetiva, variando de indivíduo para indivíduo (HATJÓ; 2008).

O fenômeno da cor refere-se a uma resposta fisiológica ao estímulo da luz que chega à retina. A sensibilidade à cor não depende apenas da intensidade luminosa, mas também da área estimulada da retina. A sensibilidade do olho humano à luz varia com o comprimento de onda e depende das condições de luminosidade (TILLEY; 2011).

A região no espectro de radiação eletromagnética que é detectado pelo olho é conhecida como visível. Ela compreende a faixa de 400 a 700 nm. A radiação ultravioleta ou os raios ultravioleta possui um comprimento de onda menor que o da luz visível e maior que o dos raios X, de 380 nm a aproximadamente 1 nm. Ultravioleta A (UVA) é a região mais próxima da região violeta, e as regiões ultravioleta B e C (UVB e UVC) correspondem a regiões mais afastadas, de comprimentos de onda ainda menores (TILLEY; 2011).

O quadro 1 mostra as cores presentes no espectro visível e seus respectivos comprimentos de onda.

Quadro 1: Nomes das cores associados às regiões do espectro

<b>Designação</b>	<b>Comprimento de onda (nm)</b>
Violeta	Menor que 450
Azul	450-500
Verde	500-570
Amarelo	570-590
Alaranjado	590-610
Vermelho	Maior que 610

Tendo visto que a fonte de luz (iluminante) e o observador interferem na formação da cor, é preciso saber que a forma como o objeto interage com a luz que a ele incide, também contribui na forma como a cor é observada (HATJÓ; 2008, TILLEY; 2011).

Existem materiais que absorvem a maior parte das radiações luminosas incidentes. Geralmente, tais objetos são de cor preta. Outros tipos de superfícies e objetos absorvem só uma determinada gama de comprimentos de onda podendo refletir parcialmente ou totalmente os demais, o que vai definir a cor da superfície que se observa (TILLEY; 2011).

A maioria dos objetos que encontramos são opacos. Isto representa que eles não permitem a passagem de luz pelo corpo do objeto, ou seja, não são transparentes (HATJÓ; 2008). A transparência é a propriedade óptica que permite a transmissão nítida de uma imagem. A translucidez e a opacidade são dois termos menos objetivos. Um material não transparente mas que ainda assim é atravessado pela luz, diz-se translúcido. Quando ocorre perda total da luz transmitida, diz-se que o material é opaco (TILLEY; 2011).

Durante a propagação da luz em determinados meios, além da absorção podem ocorrer a refração, reflexão, espalhamento e luminescência. A refração é o fenômeno que ocorre quando os raios luminosos passam de um meio para outro e sofrem uma variação na velocidade de propagação e uma mudança na direção (TILLEY; 2011).

Quando os raios de luz chegam até um corpo e não podem continuar se propagando, saem desviados em outra direção, quer dizer, se refletem. Isto ocorre dependendo do tipo de superfície na qual os raios incidem e do ângulo que formam sobre a mesma, podendo ser uma reflexão uniforme ou dispersa. A dispersão pode ocorrer com qualquer tipo de onda, não apenas com a luz. Diz-se que um meio de propagação é dispersivo se o valor da velocidade de propagação das ondas nesse meio depende da frequência ou do comprimento de onda (TILLEY; 2011).

O espalhamento é um processo no qual a luz absorvida pela partícula é emitida em outras direções. Algumas partículas espalhadoras são mais eficientes em espalhar um comprimento de onda em particular, por exemplo, quanto menor seu tamanho são mais eficientes em espalhar comprimentos de onda curta da luz, sendo a quantidade de energia transferida em outras direções diretamente proporcional a potência da luz incidente (LOPES; FROTA; 2009).

A luminescência envolve vários tipos de fenômenos ópticos, sendo os principais a fluorescência, a fosforescência e a quimiluminescência. São fenômenos que envolvem a absorção de energia e sua posterior re-emissão, em comprimentos de ondas diferentes (SOTOMAYOR et al.; 2008). Quando a re-emissão ocorre em tempos inferiores a  $10^5$ s, o fenômeno é denominado de fluorescência, e em tempos superiores, fosforescência (POPPI; 2002).

Devido ao fato da fluorescência de resinas compostas ser o objeto deste estudo, a fluorescência será melhor discorrida em tópico separadamente.

### **1.3 Propriedades ópticas da estrutura dentária**

Translucidez é a capacidade que determinados corpos não-opacos têm de apresentarem transmissão de luz de diferentes níveis. Em um dente, os diferentes tecidos permitem a passagem de luz de maneira diferenciada, sendo que o esmalte é o tecido mais translúcido da coroa dentária. Isso porque, o esmalte praticamente não absorve luz, mas a dispersa fortemente, menos os de onda curta, que possuem aparência azulada. A translucidez é o ponto médio entre a completa opacidade e a completa transparência, sendo sua análise mediante tecido dentário altamente subjetiva (HIRATA; 2008).

A translucidez do dente é muito importante, pois a cor do dente depende da soma dos processos ópticos. Os dentes humanos são objetos reflexíveis. Ao interagir com o dente, a luz incidente pode ser absorvida, refletida, transmitida, re-emitida além de sofrer o fenômeno de espalhamento, que pode ser difuso, para frente, para trás, e em outras direções, o que depende do tipo de iluminação e quantidade de luz. Assim, os dentes possuem algumas características ópticas, dentre elas a translucidez, opalescência e fluorescência (VAN DER BURGT et al.; 1990).

A luz que penetra em nossos olhos vinda da superfície vestibular é o resíduo da transmissão difusa que ocorre dentro do dente natural, isto é, a luz segue trajetos altamente irregulares através da estrutura do dente antes que imerja na superfície e alcance os olhos do observador (VAN DER BURGT et al.; 1990).

A percepção humana das cores é tridimensional. A cor pode ser classificada de acordo com seu valor (nível de claridade), o croma (saturação) e o seu matiz (tom). O valor corresponde à quantidade de preto e branco de uma cor. O croma determina a intensidade da cor. O matiz é a cor propriamente dita, o feixe de luz no seu determinado comprimento de onda em direção à retina, por exemplo, o verde, o azul, o vermelho, o amarelo etc (WASSOM; SCHUMAN; 1992).

Na região cervical do dente natural, em razão de uma menor espessura de esmalte, ocorre maior saturação e um valor menor que na região do terço médio. Na incisal encontramos maior transparência, devido à pouca quantidade de dentina nessa região (HATJÓ; 2008).

As propriedades ópticas ainda são difíceis de serem medidas e expressas em valores. Apesar da existência de aparelhos digitais modernos, os dentes são compostos por tecidos com propriedades ópticas totalmente diferentes e com distribuição irregular destes tecidos ao longo do seu corpo; além disso, existe uma variação dos parâmetros em dentes *in vivo* e dentes extraídos, de pessoa para pessoa e de acordo com a idade (HASEGAWA; IKEDA; KAWAGUCHI; 2000).

A dentina, por sua vez, é o tecido menos translúcido, dispersa a luz de forma mais difusa que o esmalte, porém também absorve mais. Na dentição natural, a espessura de esmalte é muito variável, é maior na incisal e diminui gradativamente em direção à cervical. Portanto, a translucidez do esmalte na região cervical é maior se comparada à região incisal, o que proporciona uma maior percepção da dentina. A translucidez dá o aspecto de “vitalidade”, por isto, trabalhos restauradores extremamente opacos dão aparência artificial ao sorriso (BARATIERI; 2002, HATJÓ; 2008).

A opalescência é um fenômeno óptico em que há maior dispersão de luz de ondas curtas do espectro visível, dando ao material uma aparência azulada sob a luz refletida e uma aparência laranjada/amarronzada sob a luz transmitida (ARIMOTO et al.; 2010). Em materiais opalescentes como o esmalte do dente, também é possível observar a contra-opalescência, que é um fenômeno no qual a luz penetra um material opalescente e é refletida dentro do próprio material (BARATIERI; ARAUJO; MONTEIRO JR; 2005). Em computação gráfica, a reflexão que ocorre abaixo da superfície é denominada “*subsurface scattering*”. É observada como um brilho amarelo-avermelhado em meio à região incisal dos mamelos, que é a região mais transparente do dente e onde os grupos de prismas possuem uma direção sinuosa, fenômeno conhecido como faixas de Hunter-Schreger. Devido a esta mudança na orientação dos prismas, cria-se uma situação de menor transmissão de luz, e, portanto, uma maior opacidade do esmalte, o que possibilita a visualização deste fenômeno, onde se forma o halo incisal (KINA; BRUGUERA; 2007, HIRATA; 2008).

Dessa maneira, os prismas de esmalte dentário são dispostos de maneira radial e o esmalte possui uma configuração anisotrópica o que sugere que as propriedades ópticas do esmalte possuem uma relação com o ângulo de incidência da luz. Ocorre maior espalhamento por uma vista frontal, o que torna o dente mais translúcido e em outra direção pode se tornar mais opaco, pois pode ocorrer maior reflexão (VAN DER BURGT et al.; 1990).

#### 1.4 Propriedades ópticas das resinas compostas

A Odontologia tem evoluído muito rapidamente, processo que acompanha o progresso das demais áreas da saúde. Além do aprimoramento das técnicas, ocorre uma constante evolução dos materiais odontológicos, que vêm sendo apresentados ao mercado cada vez mais com modificações na composição, a fim de melhorar atributos importantes como características de manipulação, aparência estética e durabilidade clínica.

Dentre estes materiais, recebe destaque a resina composta, pois desde que foi apresentada há mais de 50 anos (BOWEN; 1958) tem sido amplamente utilizada como material restaurador, principalmente em regiões estéticas do sorriso, já que são capazes de reproduzir características naturais dos dentes humanos.

Atualmente, o mercado dispõe de uma vasta gama de formulações de resinas compostas. Inicialmente, disponibilizava-se apenas de sistemas autopolimerizáveis, com

um limitado número de cores, com elevados índices de contração de polimerização. Posteriormente, esses materiais foram carregados com grandes partículas de carga, o que levou a taxas de desgaste excessivo (HERVÁS-GARCIA et al.; 2006).

Assim, durante o desenvolvimento da resina composta, várias modificações foram sendo acrescentadas à sua formulação, como homogeneização do tamanho da carga e quantidade de partículas, o que resultou nas resinas microhíbridas e nanoparticuladas, que proporcionam uma melhor resistência mecânica, à infiltração marginal e boa lisura superficial. Também ocorreram modificações na forma de ativação, de química para ativada por luz, para que seu manuseio fosse facilitado (BUSATO et al.; 2004).

Além destas propriedades, hoje as resinas compostas se apresentam com uma grande disponibilidade de escala de cores, chegando a 32 cores em algumas marcas, possibilitando reproduções artísticas dos detalhes da estrutura dentária. Também possuem propriedades ópticas, com variáveis índices de translucidez, opalescência e fluorescência (GARY; RAD; 2013).

Um dos sistemas de cores mais utilizados em odontologia é a escala de cores da Vita. De acordo com as coordenadas das cores fornecidas pelo fabricante, as cores podem ser posicionadas e analisadas em um espaço tridimensional. Na sequência de aumento de número (ex: A1, A2, A3...) ocorre aumento de saturação e ao mesmo tempo uma queda no valor. As cores do grupo A são mais vermelhas (laranja/marrom) e as do grupo B são mais amarelas. As cores do grupo C são similares ao grupo A no matiz e no croma, mas são bem mais escuras (HATJÓ; 2008).

Para que uma restauração se torne imperceptível, o que cada vez mais é exigido pelo paciente, além de um grande conhecimento técnico do cirurgião-dentista, são necessários materiais que reajam à luz incidente de maneira semelhante ao dente natural. Assim, é necessário o desenvolvimento de métodos para quantificar os fenômenos ópticos.

As resinas para reconstrução do tecido dentinário devem ser mais opacas e para reconstrução do esmalte, mais translúcidas, havendo um controle das espessuras de cada camada para a obtenção de uma restauração que se assemelhe aos tecidos prévios. O formato, tipo, tamanho e concentração das partículas de carga das diferentes marcas comerciais de resinas compostas, assim como a adição de monômeros e pigmentos são fatores que determinam a dispersão óptica do material na tentativa de imitar as propriedades ópticas dos tecidos dentais com relação à translucidez e opacidade (HIRATA; 2008).

Para determinação de parâmetros como translucidez e opalescência podem ser utilizados espectrofotômetros. Villarroel, Hirata e Souza, em 2005, ao compararem 9 marcas de resina composta com o esmalte dentário observaram grande variação entre elas, mas 4 marcas apresentaram translucidez semelhante ao esmalte dentário.

Pachaly et al.; em 2008, avaliaram a translucidez e a opacidade de 16 marcas de resina composta nacionais e internacionais na tonalidade A2 por meio de determinação visual, com 4 examinadores calibrados que classificaram as resinas da mais opaca para a mais translúcida em baixa, média e alta translucidez. As resinas Opallis D, Four Season D, Concept E, Concept D, e FillMagic apresentaram baixa translucidez. As resinas Opallis E, Charisma, Tetric Ceram, Four Season E, Natural Look, Z350, e Z250 exibiram média translucidez e opacidade, e as resinas Nova Charisma, Durafill, e Supreme XT apresentaram alta translucidez.

Observa-se que existem diversas metodologias para avaliação e uma grande variação das propriedades ópticas entre os variados materiais. Assim, a escolha do material restaurador deve ser baseada em estudos prévios sobre o mesmo e também após avaliação clínica do dente a ser restaurado de acordo com suas características e propriedades (SILVA et al.; 2013).

## 1.5 Fluorescência

A fluorescência é definida como a propriedade que determinados corpos possuem de absorver energia radiante e emití-la em um novo comprimento de onda, diferente do original (YU; LEE; 2008). Após serem excitados, os corpos voltam para o estado fundamental e então liberam o seu excesso de energia na forma de fótons (POPPI; 2002).

Os dentes naturais possuem a capacidade de absorver e refletir a energia luminosa. A fluorescência de dentes naturais é o fenômeno em que a energia absorvida pelo dente é convertida em luz com comprimentos de onda mais longos, tornando-se o dente uma fonte de luz. Dentes naturais emitem fluorescência azul pela ação da luz ultravioleta (HIRATA; 2008, YU; LEE; 2008).

Quando isto ocorre, o espectro da energia luminosa é absorvido no comprimento de onda abaixo daquele determinado para a luz visível, sendo a estrutura dental capaz de alterar o comprimento de onda para o espectro dentro da faixa do visível e, desta forma, emitir uma luz branco-azulada. O espectro de fluorescência do dente natural está compreendido em um comprimento de onda com pico de aproximadamente 410nm a



420nm, que sobe lentamente até 500nm, o qual é característico da cor observada. A fluorescência está mais presente na dentina do que no esmalte devido à maior quantidade de matéria orgânica fotossensível ao baixo comprimento de onda (HIRATA; 2008, HIRATA; DIAS; VILARROEL; 2004, LEE; LU; POWERS; 2006).

Assim, a fluorescência faz com que os dentes pareçam mais brancos e claros, dando um aspecto de vitalidade. Esta luminosidade vai se alterando no decorrer do dia. Durante a noite, as pessoas também podem ficar expostas a ambientes iluminados por lâmpadas que emitem o comprimento de onda dentro da faixa em que ocorre o fenômeno, principalmente em casas noturnas (HIRATA; 2008, LEE; LU; POWERS; 2006, YU; LEE; 2013). A absorção, o espalhamento e a fluorescência, em conjunto, determinam a cor da dentina e, portanto da estrutura dentária (ZIJP; 2001).

A bioquímica das substâncias orgânicas da dentina e do esmalte que são responsáveis pela emissão da luz do espectro visível não são conhecidas em detalhes e, ainda não se sabe qual a influência da matriz inorgânica neste processo. Os fluoróforos da dentina são o triptofano e a hidroxipiridina. Devido à fluorescência estar relacionada com a matriz orgânica, o aumento de fluorescência ocorre com o aumento da idade devido ao aumento da produção de colágeno ao longo dos anos. Apesar de não se saber as substâncias exatas envolvidas, sabe-se que os dentes de uma mesma dentição humana não se diferenciam em relação a sua fluorescência. (MATSUMOTO; KITAMURA; ARAKI; 1999, ZIJP; 2001)

Resinas compostas não devem apenas simular, mas também manter translucidez, opalescência e propriedades de fluorescência dos dentes naturais. A fluorescência em uma restauração tende a dar um efeito de iridescência brilhante e também contribui para a simulação da vitalidade (LEE; LU; POWERS; 2006, YU; LEE; 2013).

Os principais componentes dos materiais restauradores como a resina composta não possuem a propriedade de fluorescer. Para que as restaurações não apresentem um aspecto mais escuro em relação a estrutura dental, os fabricantes têm adicionado agentes luminóforos do grupo dos metais terras-raras como: európio, térbio, itérbio e cério na composição destes materiais. A incorporação destes materiais faz com que a resina se torne fluorescente assim como o dente (HIRATA; 2008, PARK; LEE; LIM; 2007, TAKAHASHI et al.; 2008).

Esta propriedade óptica é muito importante e contribui para evitar problemas de metamerismo e outros problemas estéticos. Desde que a luz ultra-violeta provoca a

emissão fluorescente nos dentes e resinas compostas dentais, pode haver influência nas propriedades de opalescência e translucidez dos materiais (LEE, LU, POWERS, 2006).

### 1.5.1 Determinação da fluorescência do dente natural e das resinas compostas

As propriedades ópticas das resinas compostas vêm sendo avaliadas há algumas décadas. Nos anos 50 foram publicados os primeiros estudos que relatavam importância da identificação da fluorescência emitida pela dentição natural e a necessidade da sua reprodução quando procedimentos restauradores eram realizados (HILTEBRANDT; 1950). Após o surgimento e a evolução dos materiais de uso direto, a atenção dos pesquisadores se voltou também às resinas compostas (PANZERI; FERNANDES; MINELLI; 1977).

Diversas metodologias vêm sendo utilizadas para determinação da fluorescência destes materiais e das estruturas dentárias, desde técnicas mais simples como a comparação por meio de fotografias, até técnicas mais sofisticadas, com o uso de aparelhos de última geração como os espectrofotômetros, e ainda mais recentemente por métodos diretos de determinação da fluorescência por meio de fibra óptica associados com espectrômetros e uso de espectrofluorímetros.

Lee, Lu e Powers em 2005, avaliaram a fluorescência de resinas compostas em camadas, sendo a dentina utilizada como grupo controle. Os espectros foram obtidos por meio de um espectrofotômetro (Color-Eye 7000, GretagMecbeth Instruments Corp.), com filtro UV ajustável, e a partir dos valores de refletância espectral, a diferença nas refletâncias pela inclusão ou exclusão de componente UV foi calculada, determinando assim a fluorescência. Foram analisadas as resinas compostas Filtek Supreme, Gradia Direct, Simile, Palfique Estelite, Vit-I-escence. A dentina apresentou um pico entre 440 e 450 nm. Três das 5 resinas compostas (Gradia Direct, Simile e Vit-I-escence), apresentaram fluorescência, com alturas dos picos maiores que a dentina.

Lee, Lu e Powers, em 2005\* determinaram o efeito da aplicação do selante de superfície na fluorescência de resinas compostas diretas. Refletância e cor de 4 resinas compostas (Filtek Supreme, Gradia direct, similar, e Vit-I-escence) foram medidas por um espectrofotômetro (Color-Eye 7000; GretagMacbeth Instruments Corp, New Windsor, NY) sem o selante de superfície, após a aplicação do selante de superfície e após coloração e remoção das manchas dos espécimes. Um filtro de UV foi utilizado para excluir ou incluir o componente de iluminação UV. Os espectros de fluorescência foram calculados

subtraindo-se os valores de refletância espectral da exclusão e inclusão do componente UV. A aplicação do selante diminuiu a fluorescência das resinas compostas. Após a coloração, a fluorescência não foi detectada com exceção para Gradia Direct. Após remoção de manchas, foi observada fluorescência novamente, mas com uma diminuição da fluorescência da linha de base.

Busato et al.; em 2006, realizaram uma comparação *in vivo* entre 10 marcas comerciais de resinas compostas diretas e o esmalte humano. Para isso, as resinas foram expostas à incidência da luz negra, assim como o dente, e fotografadas. Após a análise visual, foram atribuídos valores numéricos para as resinas sem fluorescência, baixa fluorescência e alta fluorescência. Concluiu-se que as resinas com grau zero foram: Charisma, Admira e Z250; as com grau 1 foram: Esthet-X, Vênus e TPH, e as resinas com grau 2 de fluorescência foram: Concept, Tetric-Ceram, Point 4 e Fill Magic. Neste estudo, de acordo com a classificação empregada, as resinas com baixa fluorescência tiveram comportamento mais semelhante ao dente, concluindo-se que o mais importante não é a resina ter uma alta fluorescência, mas sim, uma fluorescência que seja compatível com a fluorescência natural da dentina e do esmalte dentário.

Lee, Lu e Powers, em 2006, avaliaram as mudanças na opalescência e fluorescência de resinas compostas após envelhecimento acelerado. Para isso, 3 corpos de prova de 7 marcas comerciais de resinas compostas diretas foram produzidas e medidas também com um espectrofotômetro de reflexão (Color-Eye 7000, GretagMacbeth Instruments Corp. New Windsor, NY, USA), sobre um fundo branco e um fundo preto. Para determinação da fluorescência, a diferença de refletância sobre fundo branco e preto, após inclusão e exclusão do componente ultra-violeta foi utilizada. As resinas compostas foram medidas 24 horas após a sua produção e a seguir foram envelhecidas com uma energia total de 150 kJ/m<sup>2</sup> em uma câmara de envelhecimento acelerado. Após o envelhecimento, cor e distribuições espectrais foram medidas novamente. Demonstrou-se que os picos de fluorescência de algumas resinas (Esthet X Improved, Estelite Sigma, Tetric Ceram, e TPH Spectrum) não foram detectados após o envelhecimento e houve uma redução significativa na fluorescência. Já a opalescência não sofreu alterações significativas. Os valores médios de fluorescência das resinas variaram de 0.6 a 1.7 para 0.2 a 0.5 após envelhecimento.

Sensi, em 2006, em sua tese de doutorado, avaliou clinicamente a fluorescência de dentes naturais com o objetivo de relacioná-la com a faixa etária. Para isso, selecionou 40 pacientes divididos de acordo com sua faixa etária em 4 grupos (n=10): Grupo 1; de

06 à 14 anos; Grupo 2; de 15 à 29 anos; Grupo 3; de 30 à 44 anos e Grupo 4; de 45 à 59 anos. A refletância espectral e as coordenadas de cor foram mensuradas de acordo com a escala de cor CIELAB da Comissão internacional de Luminosidade (CIE) relativa ao iluminante padrão D65. Utilizou-se um espectrofotômetro de esfera integradora revestida por sulfato de bário (Minolta CM 2600D, Osaka, Japão). A intensidade da fluorescência não foi influenciada pela faixa etária. Apesar do grupo 1 ter apresentado valores de luminosidade estatisticamente maiores, não foi observada relação entre a cor dos dentes e a intensidade de emissão fluorescente.

Park, Lee e Lim, em 2007 determinaram a diferença da emissão fluorescente de resinas compostas experimentais após a adição de agentes branqueadores fluorescentes (ABFs) em concentrações variadas. Os efeitos de ciclos térmicos e a composição de matriz de resina sobre a emissão fluorescente foram também determinadas. ABFs são produtos químicos adicionados para a maioria dos tecidos e artigos durante a fabricação para aumentar a temperatura da cor, 'brancura' e 'brilho'. A partir dos valores de refletância espectral, a diferença nas refletâncias pela inclusão ou exclusão de componente UV foi calculada por meio de um espectrofotômetro (Color-Eye 7000A, GretagMacbeth Instruments Corp.), sendo as diferenças entre os espectros do grupo teste comparados com o grupo controle. No grupo controle (sem ABFs), não foram encontrados picos de fluorescência, sendo este pico aumentado significativamente após a adição de ABFs, em todas as concentrações. Porém, as termociclagens acima de 1000 ciclos não alteraram significativamente a fluorescência do grupo teste. As alturas dos picos das áreas fluorescentes foram maiores nos grupos com maior concentração de ABFs. As alturas dos picos das áreas fluorescentes foram influenciadas pelas matrizes de resinas compostas por Bis-GMA, UDMA e TEGDMA.

Reis et al.; em 2007, avaliaram a fluorescência de resinas compostas diretas por meio do contraste após fotografia de dentes extraídos que foram restaurados em duas situações; sob uma lâmpada negra e sob uma fonte de luz ultra-violeta. Um filtro óptico para bloquear a radiação UV refletida pelo dente restaurado foi utilizado, de modo que a imagem formada possuía apenas a informações sobre a quantidade de fluorescência dos dentes e da resina composta. A intensidade média de cada material e do dente foi calculada através da média ponderada de cada região, em número de pixels de cada intensidade, sendo o contraste obtido por subtração da média intensidade do dente e da resina composta. De acordo com esta metodologia, as resinas Fill Magic, Esthet X, Esthet X, e a TPH Spectrum apresentaram comportamento mais semelhante à estrutura dental.

Hirata, em 2008, em sua tese de doutorado, utilizou um espectrofluorímetro (F-4500 HITACHI) que mede a fluorescência dos corpos sólidos e líquidos numa faixa de comprimento de onda que vai de 200nm a 730nm. O comprimento usado na incidência foi de 390nm e a varredura foi realizada entre 400 a 650nm, sendo então determinada a intensidade da fluorescência de 8 resinas, as quais foram comparadas ao esmalte e à dentina. A média da intensidade do esmalte foi de 202,2 e da dentina 389,2. As resinas compostas Durafill A2 e 4 Seasons Enamel A2 apresentaram fluorescência significativamente superior à Supreme XT A2E e ao esmalte, que não foram diferentes entre si. Quando comparadas à dentina, a resina composta 4 Seasons Dentin na tonalidade A2 apresentou valores estatisticamente superiores aos demais grupos. A dentina apresentou um valor intermediário de fluorescência, sendo diferente estatisticamente das resinas compostas Supreme XT A2D e Durafill A2O, que foram semelhantes entre si e menores que a dentina.

Song et al.; em 2008, utilizando o mesmo espectrofotômetro (Color-Eye 7000A, GretagMacbeth, New Windsor, N.Y., USA) e metodologia semelhante, avaliaram a fluorescência de resinas compostas diretas (Estelite Sigma) e indiretas (BelleGlass NG) em 16 tonalidades cada, antes e após a polimerização das mesmas, no modo de refletância por meio da inclusão e exclusão do componente ultra-violeta. O estudo demonstrou que em ambos os grupos, a fluorescência mudou significativamente após a polimerização. No grupo de resinas indiretas, os valores de fluorescência diminuíram e no grupo de resinas compostas diretas aumentaram, sendo que após a polimerização, o grupo de resinas compostas diretas se tornou mais fluorescente.

Yu e Lee, em 2008, avaliaram a cor, translucidez e fluorescência entre resinas fluídas e resinas compostas universais. As propriedades dos corpos de prova foram medidas após a polimerização em um espectrofotômetro de reflexão (Color-Eye 7000A, GretagMacbeth, New Windsor, NY, USA) sobre um fundo branco e um fundo preto. Para determinação da fluorescência, a diferença de refletância sobre fundo branco, após inclusão e exclusão do componente ultra-violeta foi utilizada. A fluorescência de duas resinas fluídas não foi detectada (Estelite Flow Quick e Filtek Z350 Flowable), e a comparação entre as demais, mostrou que as fluídas e as universais apresentaram diferenças de cor devido à emissão de fluorescência, quando expostas ao componente ultra-violeta.

Meller e Klein, em 2012 determinaram as propriedades de fluorescência de um grande número de resinas compostas diretas comercialmente disponíveis, em várias

tonalidades de 16 marcas, chegando a 31 tonalidades em determinadas marcas. Foi utilizado um espectrofotômetro com microplacas de multi-modo baseado em um monocromador (Color-Eye 7000A, GretagMacbeth Instruments Corp., New Windsor, NY, USA). Os resultados mostraram que os compostos analisados possuem características de excitação e emissão muito semelhantes, com comprimento de onda de excitação de  $398 \pm 5$  e emissão de  $452 \pm 9$ nm, respectivamente, mas com a máxima intensidade muito diferente entre eles, sendo os grupos de resinas divididos em baixa, média e alta fluorescência, utilizando como grupo controle o esmalte e a dentina. Compósitos mostraram uma média fluorescência máxima de  $28.948 \pm 15.380$  unidades de fluorescência relativa (RFU). No grupo de dentina um máximo de fluorescência  $9.308 \pm 3.676$  RFU foi detectado e no grupo de esmalte um máximo de fluorescência de  $5.467 \pm 5.06$  RFU foi detectado. Além disso, observou-se que entre as tonalidades de uma mesma marca existem grandes variações. Testes estatísticos mostraram que as resinas A e B de acordo com a escala Vita possuem maior variação entre elas e intensidades de fluorescência maior. Desta maneira, o uso de várias tonalidades em uma restauração pode alterar a fluorescência final.

Yu e Lee, em 2013, também avaliaram a estabilidade da translucidez, fluorescência e opalescência pelo método da inclusão e exclusão do componente ultravioleta por meio de um espectrofotômetro (Color-Eye 7000, GretagMacbeth Instruments Corp. New Windsor, NY, USA). Foram utilizadas 5 amostras de 3 marcas comerciais, 1 de resina direta (Estelite Sigma) e 2 de resinas indiretas (BelleGlass NG e Sinfony), em diferentes tonalidades. A cor foi medida antes e depois de 5.000 ciclos de termo ciclagem. A translucidez não sofreu alterações significativas, mas a opalescência e a fluorescência sim. Para as resinas diretas, a fluorescência se tornou maior e para as resinas indiretas, a fluorescência diminuiu. Após envelhecimento, as resinas diretas apresentaram maior fluorescência do que as resinas indiretas. Os valores médios de fluorescência das resinas variaram de 0.3 a 1.1 para 0.2 a 1.4 após envelhecimento. Neste estudo, a fluorescência das resinas mostrou semelhança com a da dentina, que foi obtida em 0.7 e ocorreu variação entre as diferentes tonalidades de resinas.

De acordo com alguns autores, a última camada de resina composta é a que determina a fluorescência de uma restauração. Silva et al.; em 2013, além de utilizarem um método de espectrometria direta para determinação da fluorescência (Espectrômetro USB 4000 - Ocean Optics, Dunedin, FL, USA), avaliaram a influência desta última camada para a ocorrência deste fenômeno óptico. Foram feitos 7 grupos, sendo 4 com 2

mm da mesma resina e 3 com a combinação de resinas opacas, de esmalte e translúcidas. Todas as resinas compostas foram excitadas em 398nm e exibiram máximo de emissão em torno de 485nm. As resinas apresentaram diferenças significativas entre suas intensidades. A utilização de uma camada de resina opaca antes da resina de esmalte Esthet-X não alterou a sua fluorescência, porém, o uso de uma resina opaca antes da resina translúcida Durafill, a que exibiu maior intensidade, diminuiu a sua fluorescência. O grupo da resina composta Z350 XT EA2 apresentou intensidade mais próxima ao esmalte e à dentina, e as resinas Durafill EA2 e translúcidas apresentaram as maiores intensidades. Concluiu-se assim, que além da grande variação entre os materiais, as combinações entre eles podem alterar o resultado final da restauração em relação à fluorescência.

## 2. Referências

ARIMOTO, A. et al. Translucency, opalescence and light transmission characteristics of light-cured resin composites. **Dent Mater**, v.26, n.11, p.1090-7, 2010.

BARATIERI, L.N. **Caderno de dentística: restaurações adesivas diretas com resina composta para dentes anteriores**. São Paulo: Santos, 2002.

BARATIERI, L.N.; ARAUJO JR, E.M.; MONTEIRO JR, S. **Composite restorations in anterior teeth: fundamentals and possibilities**. Quintessence: São Paulo, 2005.

BOWEN, R.L. **Development of a silica-resin direct filling material**. Report 6333. Washington, DC: National Bureau of Standards; 1958.

BUSATO, A.L.S.; MACEDO, R.P.; HERNADEZ, P.A.G.; BARBOSA, A.N. **Dentística: novos princípios restauradores**. São Paulo: Artes Médicas; 2004.

BUSATO, A.L.S.; REICHERT, L.A.; VALIN, R.R.; AROSSI, G.A.; SILVEIRA, CM. Comparação de fluorescência entre resinas compostas restauradoras e a estrutura dental hígida – in vivo. **Rev Odontol Araçatuba**, v.27, n.2, p.142-147, 2006.

GARY, M.; RAD, D.D.S. Composite Resins in 2013: An Update on Their Progress. **Compendium**, v.34, n.1, p.48-51, 2013.

HALL, J.B.; HEFFERREN, J.J.; OLSEN, N.H. Study of fluorescent characteristics of extracted human teeth by use of a clinical fluorometer. **J Dent Res**, v.49. n.6, p.1431-6, 1970.

HASEGAWA, A.; IKEDA, I.; KAWAGUCHI, S. Color and translucency of in vivo natura central incisors. **J prosthet dent**, v.83, n.4, 0.418-423, 2000

HATJÓ, J. **Anteriores - a beleza natural dos dentes anteriores**. São Paulo: Editora Santos, 2008.



HERVÁS-GARCIA, A.H.; MARTINEZ-LORENZO, M.A.; CABANES-VILA, J.C.; BARJAU-ESCRIBANO, A.; FOS-GALVE, PABLO. Composite resins: A review of materials and clinical indications. **Med Oral Patol Oral Cir Bucal**, v.11, n.2, p.E215-220, 2006.

HILTEBRANDT, C. Transparency, fluorescence and reflexion in natural and artificial teeth. **Zahnartzl Welt Zahnartzl Reform Zwr**, v. 25, n. 8, p. 223-225, 1950.

HIRATA, R. Avaliação da refletância, transmitância direta e fluorescência de resinas compostas. Tese (doutorado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Odontologia. 2008.

KINA, S.; BRUGUERA, A. **Invisível - restaurações estéticas cerâmicas**. Maringá: Dental Press, 2007.

LEE, Y.K.; LU, H.; POWERS, J.M\*. Effect of surface sealant and staining on the fluorescence of resin composites. **J Prosthet Dent**, v.93, n.3, p.260–266, 2005.

LEE, Y.K.; LU, H.; POWERS, J.M. Fluorescence of Layered Resin Composites. **J Esthet Restor Dent**, v.17, p.93–101, 2005.

LEE, Y.K.; LU, H.; POWERS, J.M. Changes in opalescence and fluorescence properties of resin composites after accelerated aging. **Dent Mater**, v.22, p.653-660, 2006.

LOPES, L.C.; FROTA, M.N. Controle metrológico da cor aplicado à estamperia digital de materiais têxteis. 142 p. Dissertação de mestrado – Programa de Pós-Graduação em metrologia, qualidade e inovação, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2009.

MATSUMOTO, H.; KITAMURA, S.; ARAKI, T. Autofluorescence in human dentine in relation to age, tooth type and temperature measured by nanosecond time-resolved fluorescence microscopy. **Arch Oral Biol**, v.44, n.4, p.309-318, 1999.

MELLER, C.; KLEIN, C. Fluorescence properties of commercial composite resin restorative materials in dentistry. **Dent Mater J**, v.31, n.6, p.016-923, 2012.

NANCI, A. **Ten Cate – Histologia oral**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

OSBORN, J.W. A relationship between the stria of retzius end prism directions in the transverse plane of the human tooth. **Archs. Oral Biol.** v. 16, p.1061-1070, 1971.

PACHALY, R.; ZASSO, M.B.; SILVEIRA, M.B.; POZZOBON, R.T. Evaluation of optical properties of different restorative composite resins. **Rev Fac Odontol Porto Alegre**, v.49, n.3, p.9-13, set./dez., 2008.

PANZERI, H.; FERNANDES, L.T.; MINELLI, C.J. Spectral fluorescence of direct anterior restorative materials. **Aust Dent J**, v. 22, n. 6, p.458-461, 1977.

PARK, M.Y.; LEE, Y.K.; LIM, B.S. Influence of fluorescent whitening agent on the fluorescent emission of resin composites. **Dent Mater**, v.23, n.6, p.731-735, 2007.

POPPI, R.J. **Fluorescência: métodos instrumentais de análise**. Campinas: LAQQA - Instituto de Química - UNICAMP; 2002.

REIS, R.S.A, et al. Evaluation of Fluorescence of Dental Composites Using Contrast Ratios to Adjacent Tooth Structure: A Pilot Study. **J Esthet Restor Dent**, v.19, n.4, p.199-207, 2007.

RISNES, S.; RADLANSKI, R.J.; RENZ, H. The dependence of the outline of developing enamel surface pits on the angle of observation. A scanning electron microscope study. **Archs. Oral Biol.** v.43, p.405-412, 1998.

SENSI, L.G. Avaliação clínica da fluorescência de dentes naturais. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Faculdade de Odontologia, 2006

SILVA, T.; DE OLIVEIRA, H.; SEVERINO, D.; BALDUCCI, I.; HUHTALA, M.; GONÇALVES, S. Direct spectrometry: a new alternative for measuring the fluorescence of composite resins and dental tissues. **Oper Dent**, v.39, n.4, p.407-4015, 2013.

SOTOMAYOR, M.D.P.T.; DIAS, I.L.T.; LANZA, M.R.V.; MOREIRA, A.B.; KUBOTA, L.T. Aplicação e avanços da espectroscopia de luminescência em análises oofarmacêuticas. **Quim. Nova**, v. 31, n. 7, p.1755-74, 2008.

SONG, S.H.; YU, B.; AHN, J.S, LEE, Y.K. Opalescence and fluorescence properties of indirect and direct resin materials. **Acta Odontol Scand**, v.66, p.236-242, 2008.

SUGA, S. Mechanims of tooth enamel formaation. Rio de Janeiro: Editora Quintessenz, 1983.

TAKAHASHI, M.K.; VIEIRA, S.; RACHED, R.N.; DE ALMEIDA, J.B.; AGUIAR, M.; DE SOUZA, E.M. Fluorescence intensity of resin composites and dental tissues before and after accelerated aging: a comparative study. **Oper Dent**, v.33, n.2, p.189-195, 2008.

TILLEY, R.J.D. **Colour and the Optical Properties of Materials**. Wiley: New York, 2011.

VAN DER BURGT, T.P.; TEN BOSCH, J.J.; BORSBOOM, P.C.F.; KORTSMIT, W.J.P.M. A comparison of new and conventional methods for quantification of tooth color. **J. Prosthet. Dent**, v. 63, n.2, p.155-162, 1990.

VILLARROEL, M.; HIRATA, R.; SOUZA, A.M. Avaliação comparativa da translucidez do esmalte dentário e de resinas compostas para esmalte. **R Dental Press Estét**, v.2, n.3, p. 22-34, 2005.

VILLARROEL, M., JORQUERA, C., GOMES, O.M.M., GOMES, J.C. Fluorescência: Uma contribuição na vitalidade natural do dente humano. **Rev Ibero Americana Odontol Estet Dent**, v.3, n.12, p.397-406, 2004.

YU, B.; LEE Y.K. Differences in color, translucency and fluorescence between flowable and universal resin composites. **J Dent**, v.36, p.840–846, 2008.

YU, B.; LEE Y.K. Comparison of stabilities in translucency, fluorescence and opalescence of direct and indirect composite resins. **Eur J Esthetic Den**, v.8, n.2, p.214-225, 2013.

WASSOM, W.; SCHUMAN, N. Color vision and dentistry. **Quintessence International**, v.23, n.5, p.349-353, 1992.

ZIJP, JR. Optical properties of dental hard tissues. Grafisch Centrum, Rijksuniversiteit Groningem. Disponível em: <<http://www.jaapzipp.nl/documents/Thesis12APR01.pdf>>. 23/09/2014

### 3. Artigo: Avaliação *in vitro* da fluorescência de resinas compostas após envelhecimento natural

#### 3.1 Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar *in vitro* a variação da fluorescência de resinas compostas após 90 dias de envelhecimento natural e comparar o espectro da fluorescência das resinas compostas com o esmalte e a dentina humana. Foram confeccionados 20 corpos de prova de esmalte (5,0mmx0,30 mm) e 20 corpos de prova de dentina (5,0mmx1,0 mm) a partir de terceiros molares humanos hígidos e 5 corpos de prova (10,0mmx2,0mm) para cada uma das resinas compostas das marcas Z350XT/3M ESPE, Opallis/FGM e Empress Direct/Ivoclar-Vivadent, nas tonalidades EA2, DA2 e esmalte acromático. A fluorescência foi mensurada por meio do espectrometro fluorímetro PerkinElmer LS 55, na excitação de 395 nm para a avaliação longitudinal das resinas compostas e 375, 395 e 410 nm para comparação com o esmalte e a dentina humana, com leitura de emissão de 400 a 900 nm, e os dados analisados pelo programa gráfico Origin 8.0. A variação percentual entre os tempos de avaliação foi submetida ao teste *t de student* pareado com nível de significância de 5%. Após 90 dias, as resinas Z350XT apresentaram um aumento da fluorescência e as resinas Opallis e Empress Direct uma diminuição em relação ao tempo inicial, ocorrendo maior variação nos primeiros 30 dias, quando a intensidade de fluorescência de todas as resinas compostas, com exceção da Opallis-EA2 variou significativamente em relação ao tempo inicial ( $p$ -valor $<0,05$ ). Os espectros de fluorescência das três marcas de resina composta, nas 3 excitações foram semelhantes, com pico máximo de emissão em 450 nm, porém os espectros de esmalte e dentina variaram, apresentando picos de emissão de fluorescência em comprimentos de onda maiores que a da resina composta, quanto maior a excitação. A fluorescência das resinas compostas mostrou-se instável durante o período analisado e com comportamento de emissão diferente do esmalte e da dentina humana.

Palavras-chave: Resinas compostas, Materiais dentários, Fluorescência, Espectrometria de Fluorescência

## ***In vitro* evaluation of composite resin fluorescence after natural aging**

### **3.2 Abstract**

The purpose of this study was to evaluate *in vitro* the variation of fluorescent composite resins, after 90 days of natural aging, and compare the fluorescent resin composites' spectrum with enamel and human dentin. There were made 20 enamel specimens (5,0mmx0,30mmX0,03mm) and 20 dentin specimens (5,0mmx1,0mm) from third healthy human molars and 5 specimens (10,0mmx2,0mm) for each one of the resin's composites from brands such as, Z350XT/3M ESPE, Opallis/FGM and Empress Direct/Ivoclar-Vivadent, in shades EA2, DA2 and achromatic enamel. The fluorescence was measured by the PerkinElmer LS 55 spectrometer fluorometer, with the excitation of 395 nm for the longitudinal evaluation of the composite resins with 375, 395 and 410 nm for the comparison of the enamel and human dentin, with the reading of the emission from 400 to 900 nm, and the analyzed data by the graphic program Origin 8.0. The percentage variation between evaluation times was subjected to the test *t of student*, with the level of significance of 5%. After 90 days, the resins Z350XT showed an increase in fluorescence, while the resins Opallis and Empress Direct showed a decrease in relation to the initial time, with greater variation occurring in the first 30 days, where the intensity of the fluorescence of all composite resins, with the exception of Opallis-EA2 varied significantly with relation to the initial time ( $p\text{-value} < 0,05$ ). The spectrum of fluorescence from the 3 brands of composite resins, on 3 excitations were similar, with a maximum peak of emission at 450 nm, however the spectrum of enamel and dentin varied, showing fluorescence emission peaks at longer wavelengths than the composite resin, with higher excitation. The composite resins' fluorescence proved to be unstable during the period analyzed and with emission's behavior different from the enamel and human dentin.

Key words: Composite resins, Dental materials, Fluorescence, Fluorescence Spectrometry.

### 3.3 Introdução

O dente humano possui a capacidade de emitir luz visível frente à exposição aos raios ultravioleta, fenômeno conhecido como fluorescência (PARK; LEE; LIM; 2007, LIM; LEE; 2007, TAKAHASHI et al.; 2008, JABLONSKI et al.; 2014). Os picos de fluorescência estão na faixa de aproximadamente 450 a 470 nm para o esmalte (PANZERI; FERNANDES; MINELLI; 1977, ALFANO; YAO; 1981, MONSENEGO; BURDAIRON; CLERJAUD; 1993, MELLER; KLEIN; 2012) e, na dentina, com intensidade três vezes maior que a do esmalte, entre 420 a 450 nm (MONSENEGO; BURDAIRON; CLERJAUD; 1993, LEE; LU; POWERS; 2005, TAKAHASHI et al.; 2008, MELLER; KLEIN; 2012). Como resultado, os dentes apresentam uma característica de cor branco-azulada (HALL; HEFFERREN; OLSEN; 1970, SONG et al.; 2008, DURO; ANDRADE; 2012, TORRES et al.; 2012) o que os deixam mais claros. Assim, a fluorescência em resinas compostas é indispensável para reproduzir as características estéticas dos dentes, pois possibilita que os trabalhos restauradores tornem-se imperceptíveis quando expostos à diferentes fontes de iluminação (SONG et al.; 2008, SILVA et al.; 2013, YU; LEE; 2013).

Na tentativa de reproduzir tal fenômeno, os fabricantes de materiais odontológicos têm incorporado agentes luminóforos do grupo dos metais terras-raras como o európio, térbio, itérbio e cério; porém, nas resinas compostas ainda não está claro o que tem sido utilizado (UO et al.; 2005, SENSI et al.; 2006, PARK; LEE; LIM; 2007, TAKAHASHI et al.; 2008, JABLONSKI et al.; 2014). Clinicamente, a fluorescência contribui para o aspecto de vitalidade da restauração e ajuda na obtenção de um valor correto. Quando utiliza-se um material não fluorescente, o valor da restauração tende a diminuir em situações onde o paciente se encontra na presença de luz ultravioleta, o que ocorre em casas noturnas e na luz do dia (SENSI et al.; 2006, DURO; ANDRADE; DUARTE; 2012, MELLER; KLEIN; 2012).

Entretanto, até onde se sabe, nenhum trabalho na literatura avaliou a fluorescência de resinas compostas durante um longo período de tempo, por meio de envelhecimento natural. Alguns estudos avaliaram a fluorescência após envelhecimento acelerado utilizando luz ultravioleta, alterações de temperatura ou ataques com água e demonstraram uma variação de comportamento entre as diferentes marcas comerciais (LEE; LU; POWERS; 2006\*, LEE; LU; POWERS; 2006, PARK; LEE; LIM; 2007, TAKAHASHI et al.; 2008, YU; LEE; 2013, JABLONSKI et al.; 2014). Os valores da

intensidade de fluorescência de algumas resinas compostas aumentaram (YU; LEE; 2013) e em outro estudo, diminuíram (LEE; LU; POWERS; 2006\*). Alguns fatores podem contribuir para a emissão da fluorescência como a composição (LIM; LEE; 2007, PARK; LEE; LIM; 2007, MELLER; KLEIN; 2012) e o tipo de resina composta (YU; LEE; 2008, YU; LEE; 2013). Por outro lado, o estudo comparativo dos espectros de fluorescência dos materiais também tem sido pouco explorado e permite avaliar qualitativamente as alterações físicas e químicas que ocorrem com o processo de transferência de energia, especialmente quando diferentes substratos são testados frente a uma mesma metodologia.

As resinas compostas deveriam manter as suas propriedades ao longo do tempo. Além da fluorescência, a cor, a translucência e a opalescência são propriedades ópticas fundamentais para que as restaurações possuam aparência de dente natural (LEE; LU; POWERS; 2006\*, SONG et al.; 2008, YU; LEE; 2013). Estes fatores, além do comportamento mecânico, devem ser levados em consideração na escolha do material para melhores resultados clínicos.

O objetivo deste estudo foi avaliar *in vitro* a fluorescência de resinas compostas após 90 dias de envelhecimento natural e comparar os espectros de fluorescência das resinas compostas com o esmalte e a dentina humana.

### 3.4 Materiais e métodos

Foram confeccionados 20 corpos de prova de esmalte (5,0 mm x 3,0 mm x 0,03mm) e 20 corpos de prova de dentina (5,0 mm x 1,0 mm) a partir de terceiros molares humanos hígidos, extraídos por razões ortodônticas. Para os corpos de prova de esmalte, as faces vestibulares e palatinas dos dentes foram cortadas com auxílio de um disco diamantado de precisão (Isomet1000 - Buehler) e a dentina desgastada com ponta diamantada esférica N. 1016 (KG Sorensen), em alta rotação, sob refrigeração abundante. Para os corpos de prova de dentina, aproximadamente 3,0 mm da porção oclusal dos dentes foi removida e, em seguida, o dente foi fatiado transversalmente permitindo a obtenção de amostras em forma de disco com 1,0 mm de espessura.

Para a avaliação da fluorescência das resinas compostas foram selecionadas 3 tonalidades (esmalte acromático, esmalte cromático e dentina) de 3 marcas comerciais, (Quadro 1), totalizando 9 grupos. Para cada grupo foram confeccionados 5 corpos de



prova, totalizando 45 corpos de prova. Esses materiais foram escolhidos pelo fato de o fabricante declarar nos dados técnicos do produto, a característica de fluorescência. Os corpos de prova foram confeccionados com o auxílio de uma matriz metálica medindo 10,0 mm de diâmetro por 2,0 mm de espessura posicionada sobre uma lâmina de vidro e tira de papel celofane (polipropileno). A resina composta foi inserida com espátula de resina N. 1 (CIGFT 1, Hu-Friedy) tomando-se cuidado para evitar a formação de bolhas e a colocação de material em excesso e, no meio da massa, foi colocado um fio de nylon para permitir que o corpo de prova pudesse ser armazenado sem contato com as paredes do recipiente.

Quadro 1 - Fabricantes, marcas, tonalidades, lotes e composição das resinas compostas utilizadas

<b>Fabricante</b>	<b>Marca</b>	<b>Tonalidade</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Lote</b>	<b>Composição</b>
3M ESPE	Filtek Z350 XT	Ambar Esmalte A2 Dentina A2	Z350XT-AT Z350XT-A2E Z350XT-A2D	N398992 881381 N519144	Cerâmica tratada com silano, BIS-GMA, BIS-EMA, sílica tratada com silano, óxido de zircônia tratada com silano, diuretano dimetacrilato, dimetacrilato polietileno glicol, TEG-DMA, BHT
Ivoclar- Vivadent	Empress Direct	Trans 20 Esmalte A2 Dentina A2	EP-T20 EP-EA2 EP-DA2	R51424 S047444 R85403	Dimetacrilatos, vidro de bário, trifluoreto de itérbio, óxidos mistos, dióxido de silício e copolímero. Aditivos, catalizadores, estabilizadores e pigmentos
FGM	Opallis	T-Blue Esmalte A2 Dentina A2	OP-TB OP-EA2 OP-DA2	071013 270213 111113	BIS-GMA, BIS-EMA, UDMA, TEG-DMA. Vidro de Bário-alumínio silicato silanizados e nanopartículas de dióxido de silício, canforquinona, aceleradores, estabilizantes e pigmentos

Após o preenchimento de toda a matriz, outra tira de papel celofane foi posicionada e outra lâmina de vidro foi levemente pressionada para permitir o extravasamento de excessos e a lisura superficial. Os corpos de prova foram

fotopolimerizados com o auxílio de um aparelho Radii Plus (SDI) com intensidade de  $1.500\text{mW}/\text{cm}^2$ , 40 segundos com a lâmina de vidro em posição, 20 segundos sem a lâmina e mais 40 segundos no lado oposto da amostra, totalizando 100 segundos, sendo então, removidos da matriz. Os corpos-de-prova de resina foram marcados para que todas as leituras fossem realizadas do mesmo lado do material. Todos os corpos de prova foram produzidos pelo mesmo operador, nas mesmas condições de temperatura e umidade.

Para conhecer previamente o comportamento das resinas compostas avaliadas foram realizados mapas de excitação e emissão da fluorescência. A excitação foi realizada de 5 em 5 nm, na faixa de 300 a 420 nm, e leitura da emissão entre 430 a 760 nm.

Para avaliar a fluorescência ao longo do tempo, utilizou-se um fluorímetro (PerkinElmer LS 55 Fluorescence Spectrometer) e mediu-se a intensidade dos 5 corpos de prova de resina composta de cada tonalidade de material imediatamente após a sua confecção. Em seguida, os corpos de prova foram armazenados em recipientes de vidro, imersos em 20 mL de água destilada e estocados em estufa a  $37^\circ\text{C}$ . Novas medidas foram realizadas após 30, 60 e 90 dias, nas mesmas condições. A água destilada presente no recipiente foi substituída mensalmente. Para cada corpo de prova de resina composta foram obtidos espectros em 5 posições aleatórias, no comprimento de onda de excitação de 395 nm, sendo a leitura da emissão realizada na região dos 415 aos 900 nm. No tempo inicial, os corpos de prova das resinas compostas também foram excitadas em 375 e 410 nm para posterior comparação com esmalte e dentina, sendo a leitura da emissão realizada na região dos 400 aos 900 nm.

Para comparar os espectros das resinas compostas com o substrato dentário, esmalte e dentina humana foram excitadas em 375, 395, e 410 nm em uma única posição, após a obtenção dos corpos de prova. Os espectros das resinas compostas foram obtidos igualmente nos 3 comprimentos de excitação.

Os dados obtidos foram analisados com o uso do programa gráfico Origin 8.0, obtendo-se a média da intensidade máxima das 5 posições para cada tonalidade em cada excitação, após normalização dos espectros. A normalização foi realizada em relação ao segundo harmônico do comprimento de onda de excitação, ou seja, em 790 nm.

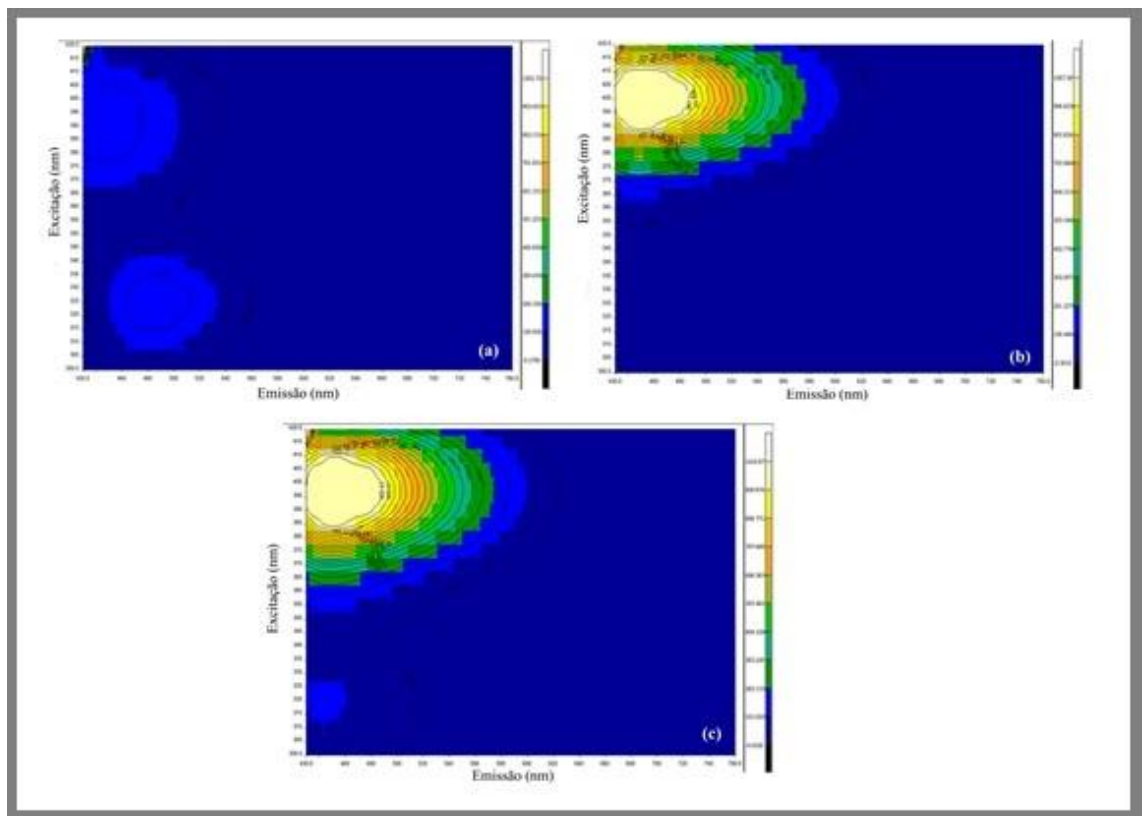
Foi realizada estatística descritiva dos dados, teste *t de student* pareado entre os tempos de avaliação, com nível de significância de 5% e análise qualitativa do

comportamento dos espectros das resinas compostas em comparação com os espectros de esmalte e da dentina humana.

### 3.5 Resultados

A intensidade máxima de fluorescência das resinas compostas avaliadas ocorreu próxima à excitação de 395 nm (Figura 1).

Figura 1 - Mapas de emissão (430 a 760 nm) e excitação (300 a 420 nm) das resinas compostas a) Z350XT-A2E, b) OP-EA2 e c) EP-EA2.



A Tabela 1 apresenta as médias dos valores absolutos da intensidade de fluorescência das resinas compostas, imediatamente após a confecção dos corpos de prova. Verifica-se que dentre as mesmas tonalidades, a resina OP apresentou valores absolutos superiores ao da EP e Z350XT, respectivamente.

Tabela 1 - Médias e desvio padrão dos valores absolutos da intensidade de fluorescência das resinas compostas no tempo inicial

<b>Marca comercial/Fabricante</b> \ <b>Tonalidade</b>	<b>Esmalte Cromático</b>	<b>Dentina</b>	<b>Esmalte Acromático</b>
Z350XT/3M ESPE	0,16 ± 0,01	0,13 ± 0,01	0,09 ± 0,02
Opallis/FGM	3,44 ± 0,54	1,88 ± 0,28	7,17 ± 1,23
Empress Direct/Ivoclar Vivadent	2,32 ± 0,13	1,21 ± 0,07	2,77 ± 0,16

Durante o período de 90 dias, em geral as resinas compostas Z350XT apresentaram um aumento da fluorescência e as resinas OP e ED uma diminuição em relação ao tempo inicial (Gráfico 1). A média da variação das intensidades de fluorescência para cada material, entre os tempos de avaliação, pode ser vista na Tabela 2.

Nos primeiros 30 dias, a intensidade de fluorescência de todas as resinas compostas, com exceção da OP-EA2, variou significativamente em relação ao tempo inicial. As 3 tonalidades das resinas Z350XT/3M ESPE, Z350XT-A2E, Z350XT-A2D e Z350XT-AT, aumentaram a intensidade de fluorescência. As demais, com exceção da OP-EA2, diminuíram. Nos períodos seguintes, observa-se o mesmo comportamento para as 3 marcas comerciais testadas.

Alterações na intensidade de fluorescência após 60 dias, estatisticamente significantes, foram observadas na Z350XT-AT e EP-EA2, que apresentaram aumento e diminuição dos valores, respectivamente. Após 90 dias, a fluorescência de OP-EA2 diminuiu e EP-T20 aumentou em relação ao período de tempo anterior. A resina que apresentou a maior variação da fluorescência foi a Z350XT-AT.

Gráfico 1 - Variação percentual da intensidade de fluorescência das resinas compostas após 30, 60 e 90 dias, em relação ao tempo inicial, na excitação de 395 nm.

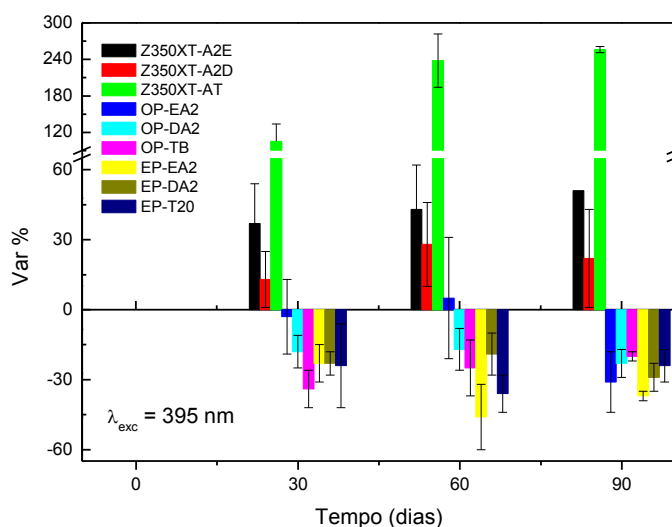


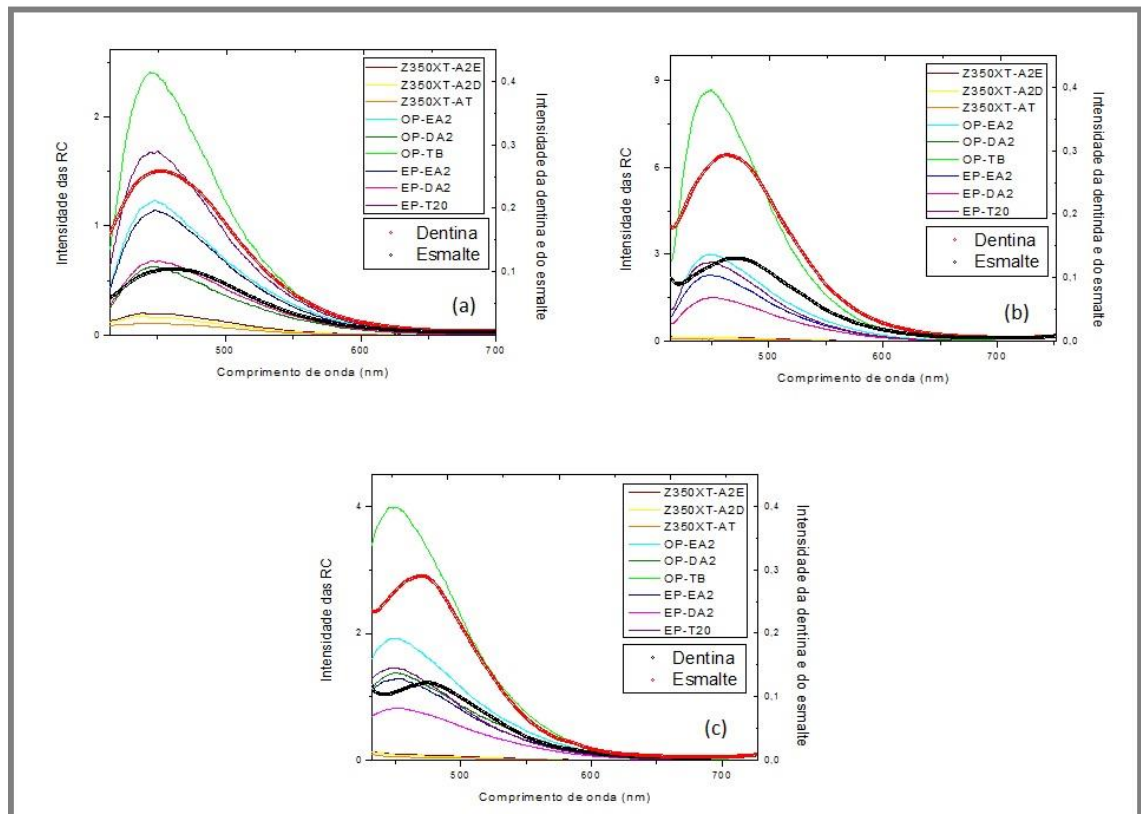
Tabela 2 - Médias e desvio padrão da variação das intensidades de fluorescência das resinas compostas entre os tempo avaliados. Valores negativos significam diminuição e valores positivos aumento da intensidade de fluorescência

RESINA	Dif 0 - 30	Dif 30 - 60	Dif 60 - 90
Z350XT-A2E	0,37±0,17*	0,05±0,12	0,08±0,13
Z350XT-DA2	0,13±0,12*	0,09±0,14	-0,22±0,21
Z350XT-AT	1,05±0,29*	1,32±0,14*	0,17±0,28
OP-EA2	-0,03±0,16	0,08±0,19	-0,36±0,14*
OP-DA2	-0,18±0,07*	0,01±0,08	-0,06±0,01
OP-TB	-0,34±0,08*	0,09±0,25	0,14±0,25
EP-EA2	-0,23±0,08*	-0,24±0,19*	0,09±0,13
EP-DA2	-0,23±0,05*	0,04±0,09	-0,08±0,07
EP-T20	-0,24±0,18*	-0,12±0,19	0,11±0,09*

\* Diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ )

A Figura 2 compara o espectro da emissão de fluorescência das resinas compostas em seu tempo inicial com a dentina e o esmalte de dentes humanos, nas excitações de 375, 395 e 410 nm. Observa-se que o comportamento das resinas compostas não se altera com as diferentes excitações, porém os picos de emissão de fluorescência do esmalte e da dentina deslocaram-se para a direita conforme a excitação foi aumentada.

Figura 2 - Espectros de fluorescência de diferentes resinas compostas, do esmalte e da dentina: excitação de a) 375 nm, b) 395 nm e c) 410 nm.



### 3.6 Discussão

Todas as tonalidades das resinas compostas testadas das marcas Z350XT/3M ESPE, Opallis/FGM e Empress Direct/Ivoclar Vivadent apresentaram uma variação significativa da intensidade de fluorescência após 90 dias. O pico máximo de emissão das resinas ocorreu aproximadamente em 450 nm, o que está de acordo com outros estudos (LEE, LU, POWERS, 2005; LIM, LEE, 2007; YU, LEE, 2008; MELLER, KLEIN, 2012). Os espectros de fluorescência do esmalte e da dentina humana sofrem variações quando excitados em diferentes comprimentos de onda, o que não aconteceu com as resinas.

A análise dos espectros de fluorescência das resinas e do substrato dentário possibilita explicar se o fenômeno, clinicamente, implicará em diferenças de cor entre a restauração e a estrutura dentária. Já a avaliação longitudinal da fluorescência possibilita observar se esta propriedade, quando presente, se mantém em parâmetros estéticos próximos ao do dente, bem como em que momento pode estar ocorrendo algumas mudanças.

O espectrofluorímetro é um aparelho utilizado para realizar medidas diretas e confiáveis da fluorescência de corpos sólidos (MELLER; KLEIN; 2012), embora outros métodos já tenham sido propostos na literatura, como a utilização de espectrofotômetros (LEE; LU; POWERS; 2005\*, LEE; LU; POWERS; 2005, LEE; LU; POWERS; 2006\*, LEE; LU; POWERS; 2006, LIM; LEE; 2007, PARK; LEE; LIM; 2007, SONG et al.; 2008, YU; LEE; 2008, YU; LEE; 2013, JABLONSKI et al.; 2014), e espectrofotometria direta (SILVA et al.; 2013).

Para o estudo do envelhecimento foi utilizada a excitação de 395 nm, pois analisando os mapas de emissão e excitação, a intensidade máxima de fluorescência ocorreu próxima a este comprimento de onda para todas as resinas compostas. Outros trabalhos também utilizaram aproximadamente o mesmo comprimento de onda: 380 nm (SILVA et al.; 2013), ou 398 nm (TAKAHASHI et al.; 2008). Para analisar o comportamento da fluorescência das resinas e dos substratos dentários, empregou-se também as excitações de 375 e 410 nm, pois tratam-se dos picos de emissão da luz negra encontrada principalmente em bares e casas noturnas, simulando diferentes fontes de iluminação, o que foi observado em teste de emissão com uma lâmpada de luz negra (PI28watts, 110 Volts) realizado previamente.

Os fabricantes de materiais odontológicos têm incorporado metais terras raras para produzir o efeito de fluorescência e outros compostos têm sido testados (UO et al.; 2005, PARK; LEE; LIM; 2007, YAMADA; ITO; 2012). Porém, os principais componentes fluorescentes das resinas compostas atuais e os métodos de incorporação ainda são desconhecidos (SENSI et al.; 2006, PARK; LEE; LIM; 2007, TAKAHASHI et al.; 2008, JABLONSKI et al.; 2014).

Apesar de ter sido empregada água destilada como meio de armazenagem neste estudo, sem as condições físico-químicas que ocorrem na cavidade oral, os resultados obtidos permitiram observar que os polímeros da matriz orgânica de algumas resinas, por estarem em um meio aquoso, podem ter sido submetidos à degradação por mecanismos de hidrólise e reações enzimáticas, promovendo a oxidação e clivagem das cadeias de carbono (TAKAHASHI et al.; 2008, TORRES et al.; 2012, JABLONSKI et al.; 2014), o que explicaria a redução da fluorescência das resinas compostas Opallis/FGM e Empress Direct/Ivoclar Vivadent com o passar do tempo. Em outro estudo, verificou-se uma diminuição da fluorescência da resina Opallis/FGM em até 65% (TAKAHASHI et al.; 2008). Os luminóforos possivelmente devem estar ligados quimicamente às cadeias de polímeros e, portanto, a diminuição da fluorescência deve estar relacionada

ao processo de cura da matriz orgânica nos primeiros dias após a fotopolimerização (SONG et al.; 2008, TAKAHASHI et al.; 2008). Há a degradação dos complexos orgânicos encontrados nas resinas compostas com o passar do tempo, e assim, as ligações são quebradas e lixiviadas (FERRACANE; 2006, JABLONSKI et al.; 2014).

Como se verificou que o comportamento da resina composta Z350XT foi inverso, ou seja, a variação da intensidade da fluorescência aumentou em função do tempo. Uma possível explicação pode estar relacionada às alterações do componente orgânico da resina, bem como à polimerização adequada do material (SONG et al.; 2008). Outra possível explicação seria o “efeito antena”, em que os componentes orgânicos absorvem luz e a transmitem para os luminóforos com o amadurecimento da polimerização, considerando que normalmente os metais terras raras têm baixa absorção (ALPHA; 1990). Possivelmente, para esta marca de resina composta ocorre maior absorção de luz com o envelhecimento, o que faz com que ocorra aumento de emissão de fluorescência com o tempo. A resina composta Z350XT/3M ESPE, na tonalidade YT e a Filtek Supreme/3M ESPE nas tonalidades A2E e A2D, também apresentaram baixa fluorescência e aumento de sua intensidade após envelhecimento em outros estudos (TAKAHASHI et al.; 2008, JABLONSKI et al.; 2014).

Sabe-se que a condição da superfície do corpo de prova pode comprometer a leitura da fluorescência e, desta forma, mesmo que o acabamento e polimento superficial pudesse melhor simular as condições clínicas, o procedimento não foi feito para evitar que outras variáveis pudessem interferir nos resultados. Ainda, para contornar este problema, todas as medidas foram normalizadas no segundo harmônico do comprimento de onda de excitação, ou seja, em 750, 790 ou 820 nm, de acordo com a excitação empregada. Por conseguinte, por se tratarem de superfícies distintas, valores quantitativos de intensidade de fluorescência dos corpos de prova de resina composta não foram comparados com o esmalte e dentina.

A dentina humana é mais fluorescente do que o esmalte, devido à maior quantidade de materiais orgânicos, como o triptofano e a hidroxipiridina (MONSENEGO; BURDAIRON; CLERJAUDA; 1993, MATSUMOTO; KITAMURA; ARAKI; 1999, TAKAHASHI et al.; 2013, MELLER; KLEIN; 2012), o que foi também observado neste estudo. A análise dos espectros de esmalte e dentina demonstrou picos mais altos de fluorescência para a dentina. Os picos de emissão para esmalte e dentina encontraram-se aproximadamente em 460, 470 e 480 nm para as excitações de 375, 395 e 410 nm, respectivamente, com a curva do esmalte ligeiramente à frente da dentina em



todas as excitações. Estes resultados indicam que existe uma diferença de cor e luminosidade emitida clinicamente pelas resinas compostas e o substrato dentário, e ainda, demonstram o comportamento dos materiais frente a diferentes fontes de iluminação. Muitas marcas de resinas testadas em outros estudos (DURO; ANDRADE; DUARTE; 2012, MELLER; KLEIN; 2012) não apresentaram uma fluorescência comparável ao dente. Utilizando como referência a escala de cores VITA Clássica, verificou-se que a maioria das resinas compostas tem fluorescência semelhante às cores C e D, sendo que a maioria dos dentes está na cor A e B (MELLER; KLEIN; 2012).

A fluorescência da dentina intacta tem tonalidade mais próxima ao azul, já o esmalte e a dentina desmineralizada, branco-azulada (HATJÓ; 2008). Aparentemente, em todas as tonalidades de resinas a fluorescência tende mais para o azul. Para as cerâmicas, assim como o esmalte e a dentina juntos, para o branco. Conseqüentemente, por mais que tenhamos resinas compostas fluorescentes, elas não oferecem a luminosidade natural de um dente (DURO; ANDRADE; DUARTE; 2012).

Portanto, deve-se considerar que conhecer as variações numéricas da intensidade da fluorescência do dente humano é importante. Seria interessante analisar em pesquisas futuras se a intensidade emitida, seja ela semelhante à da estrutura dentária ou não, corresponde exatamente aos picos do mesmo comprimento de onda dos espectros do dente. Isso significa que é preciso ainda conhecer qual a relação entre a luminescência, a fluorescência e as alterações de cor. Clinicamente, a confecção das restaurações também utiliza a técnica incremental, cujas espessuras de material inserido milimétricas. Aparentemente, a restauração terá fluorescência se a última camada inserida for feita com uma resina fluorescente (LEE; LU; POWERS; 2005, SENSI et al.; 2006, SILVA et al.; 2013). Sendo assim, é preciso saber se em camadas tão finas o material irá manter as mesmas características de fluorescência. A obtenção de uma restauração estética em termos de fluorescência, feita com resina composta, ainda permanece um desafio, apesar do grande avanço tecnológico alcançado na fabricação destes materiais.

### 3.7 Conclusão

- Houve uma variação significativa da intensidade de fluorescência das resinas analisadas, durante o período de 90 dias, sendo que todas as tonalidades da resina Z350XT apresentaram aumento e das resinas OP e ED diminuição em relação ao tempo inicial, embora as resinas Z350XT tenham apresentado valores inferiores às demais. As principais mudanças ocorreram nos primeiros 30 dias.
- Os espectros de fluorescência das três marcas de resina composta, nas excitações de 375, 395 e 410 nm, foram semelhantes, com pico máximo de emissão em 450 nm.
- Os espectros de esmalte e dentina variaram nas excitações de 375, 395 e 410 nm, apresentando picos de emissão de fluorescência em comprimentos de onda maiores que a da resina composta, quanto maior a excitação.

### 3.8 Referências

ALFANO, R.R.; YAO, S.S. Human teeth with and without dental caries studied by visible luminescent spectroscopy. **J Dent Res**, v.60, p.120-122.

ALPHA, B.; BALLARDINI, R.; BALZANI, V.; LEHN, J.M.; PERATHONER, S.; SABBATICI, N. Luminescence processes in (Tb contains bpy x bpy x bpt)/sup 3+/cryptate: a low temperature solid-state study. **Photochem and photobiol**, v.52, n.2, p.299-304, 1990.

DURO, F.R.; ANDRADE, J.S.; DUARTE JR, S. Clinical evaluation of new composite resins. **Q D T**, v.35, p.145-157, 2012.

FERRACANE, J.L. Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. **Dent Mater**, v.22, n.3, p.211-222, 2006.  
211-222

HALL, J.B.; HEFFERREN, J.J.; OLSEN, N.H. Study of fluorescent characteristics of extracted human teeth by use of a clinical fluorometer. **J Dent Res**, v.49. n.6, p.1431-6, 1970.

HATJÓ, J. **Anteriores - a beleza natural dos dentes anteriores**. São Paulo: Editora Santos, 2008.

JABLONSKI, T.; TAKAHASHI, M.K.; BRUM, R.T.; RACHED, R.N.; SOUZA E.M. Comparative study of the fluorescence intensity of dental composites and human teeth submitted to artificial aging. **Gen Dent**, v.62, n.1, p.37-41, 2014.

LEE, Y.K.; LU, H.; POWERS, J.M\*. Effect of surface sealant and staining on the fluorescence of resin composites. **J Prosthet Dent**, v.93, n.3, p.260–266, 2005.

LEE, Y.K.; LU, H.; POWERS, J.M. Fluorescence of Layered Resin Composites. **J Esthet Restor Dent**, v.17, p.93–101, 2005.

LEE, Y.K.; LU, H.; POWERS, J.M. Changes in opalescence and fluorescence properties of resin composites after accelerated aging. **Dent Mater**, v.22, p.653-660, 2006\*.

LEE, Y.K.; LU, H.; POWERS, J.M. Optical properties of four esthetic restorative materials after accelerated aging. **Am J Dent**, v.19, p.155-158, 2006.

LIM, Y.K.; LEE, Y.K. Fluorescent emission of varied shades of resin composites. **Dent Mater**, v.23, n.10, p.1262-1268, 2007.

MELLER, C.; KLEIN, C. Fluorescence properties of commercial composite resin restorative materials in dentistry. **Dent Mater J**, v.31, n.6, p.016-923, 2012.

MONSENEGO, G., BURDAIRON, G., CLERJAUD, B. Fluorescence of dental porcelain. **J Prosthet Dent**, v.69, n.1, p.106-113, 1993.

PANZERI, H.; FERNANDES, L.T.; MINELLI C.J. Spectral fluorescence of direct anterior restorative materials. **Aust Dent J**, v.22, p.458-461, 1977.

PARK, M.Y.; LEE, Y.K.; LIM, B.S. Influence of fluorescent whitening agent on the fluorescent emission of resin composites. **Dent Mater**, v.23, n.6, p.731-735, 2007.

SENSI, L.G.; MARSON, F.C.; ROESNER, T.H.; BARATIERI, L.N.; MONTEIRO JR, S. Fluorescence of composite resins: Clinical considerations. **Q D T**, v.29, p.43-53, 2006.

SILVA, T.; DE OLIVEIRA, H.; SEVERINO, D.; BALDUCCI, I.; HUHTALA, M.; GONÇALVES, S. Direct spectrometry: a new alternative for measuring the fluorescence of composite resins and dental tissues. **Oper Dent**, v.39, n.4, p.407-4015, 2013.

SONG, S.H.; YU, B.; AHN, J.S, LEE, Y.K. Opalescence and fluorescence properties of indirect and direct resin materials. **Acta Odontol Scand**, v.66, p.236-242, 2008.

TAKAHASHI, M.K.; VIEIRA, S.; RACHED, R.N.; DE ALMEIDA, J.B.; AGUIAR, M.; DE SOUZA, E.M. Fluorescence intensity of resin composites and dental tissues before and after accelerated aging: a comparative study. **Oper Dent**, v.33, n.2, p.189-195, 2008.

UO, M., OKAMOTO, M.; WATARI, F.; TANI, K.; MORITA, M.; SHINTANI, A. Rare earth oxide-containing fluorescent glass filler for composite resin. **Dent Mater J**, v.24, p.49-52, 2005.

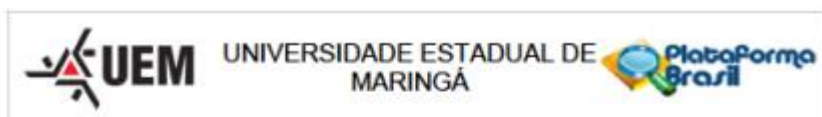
YAMADA, Y.; ITO, Y. Fluorescent zirconia material . US20120012789 A1. 17 mar. 2010, 19 jan. 2012.

YU, B.; LEE Y.K. Differences in color, translucency and fluorescence between flowable and universal resin composites. **J Dent**, v.36, p.840–846, 2008.

YU, B.; LEE Y.K. Comparison of stabilities in translucency, fluorescence and opalescence of direct and indirect composite resins. **Eur J Esthetic Den**, v.8, n.2, p.214-225, 2013.

## 4. Anexos

### Anexo 1: Documento de aprovação de pesquisa pelo COPEP



#### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

##### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** Avaliação da opalescência do esmalte dentário e de resinas compostas odontológicas

**Pesquisador:** Raquel Sano Suga Terada

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 18823713.5.0000.0104

**Instituição Proponente:** Universidade Estadual de Maringá

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

##### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 448.245

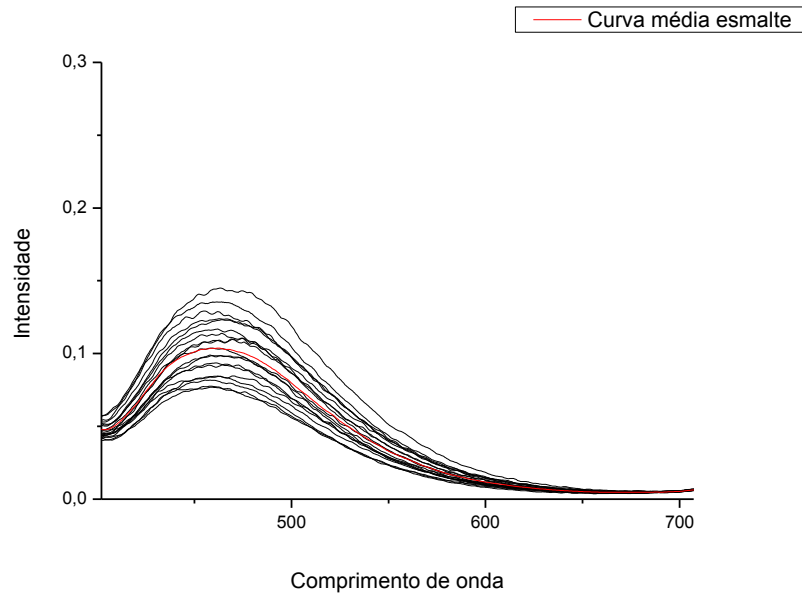
**Data da Relatoria:** 07/10/2013

##### Apresentação do Projeto:

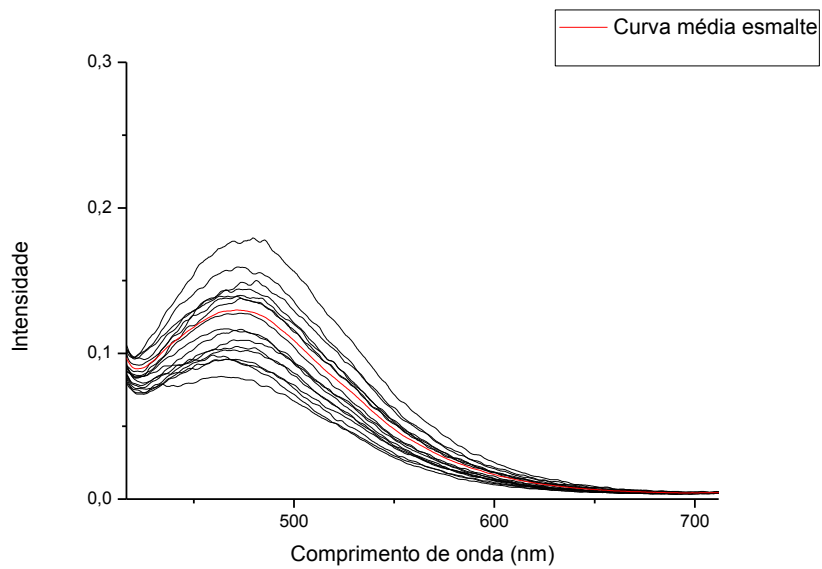
Este trabalho trata-se de um estudo in vitro. O objetivo da pesquisa é avaliar a absorvância e a opalescência de dentes humanos e resinas compostas em diferentes períodos de tempo. O projeto terá financiamento próprio, e o início dos trabalhos está previsto para 01/11/2013. Serão confeccionados 10 corpos de prova (CP) de esmalte humano (5,0 mm x 0,3 mm) e 10 CP (10,0 mm x 1,0 mm) de 12 diferentes tonalidades de marcas comerciais de resinas compostas disponíveis no mercado nacional: Charisma Opal (Heraeus Kulzer), Empress Direct (Ivoclar Vivadent), Enamel Plus (HFO), Filtek Z350 XT (3M Espe), Lis (FGM) e Opallis (FGM). Como grupo controle, serão confeccionados 10 CP do adesivo Ambar (FGM). A avaliação do grau de opalescência será realizada por espectrofotometria (PerkinElmer Lambda 1050), com a utilização de uma esfera integradora, nos modos de reflexão e transmitância. Os períodos avaliados serão imediatamente após a confecção dos CP, 48 horas, 7, 30, 60, 120 e 180 dias após estocagem em água destilada, à temperatura de 37°C. O parâmetro de opalescência será calculado como a diferença entre as coordenadas azul-amarelo ( $\Delta b^*$ ) e as coordenadas verde-vermelho ( $\Delta a^*$ ), entre a luz refletida e a transmitida, e a escala de cor utilizada será a CIE L\*a\*b\* (1976). O espectro de absorção será calculado utilizando-se a Lei de Beer-Lambert.

## Anexo 2: Curvas médias da fluorescência do esmalte humano nas excitações de 375, 395 e 410 nm

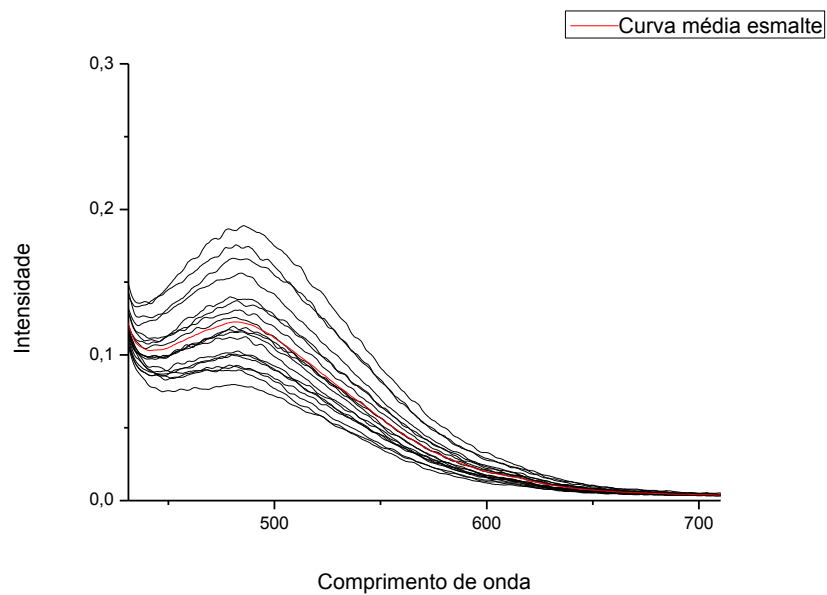
Excitação 375nm:



Excitação 395nm:



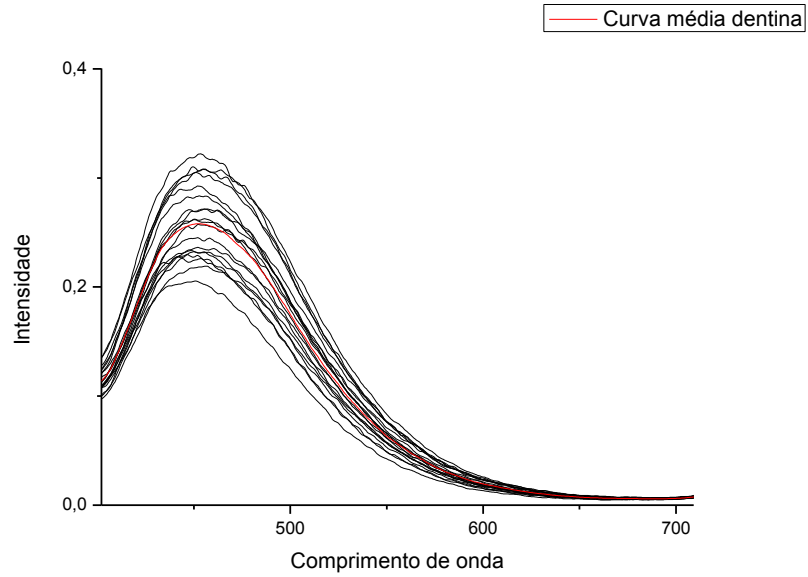
Excitação 410nm:



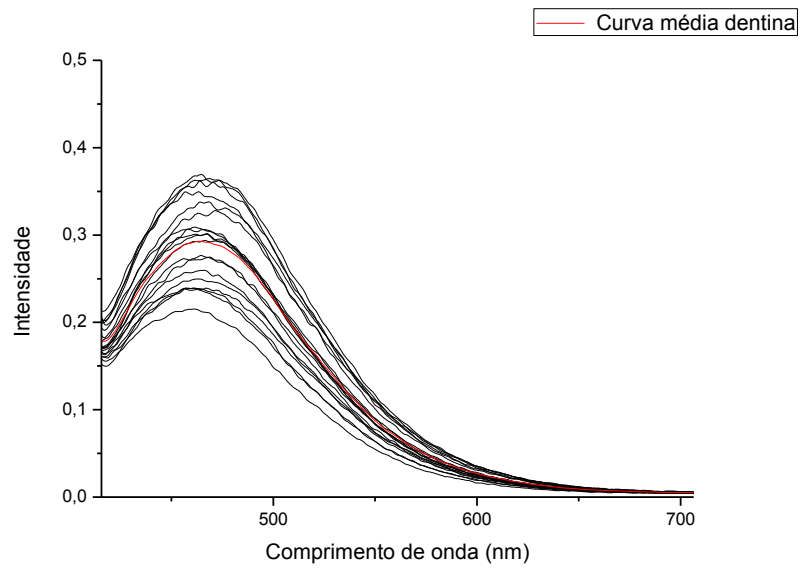


Anexo 3: Curvas médias da fluorescência da dentina humana nas excitações de 375, 395 e 410 nm

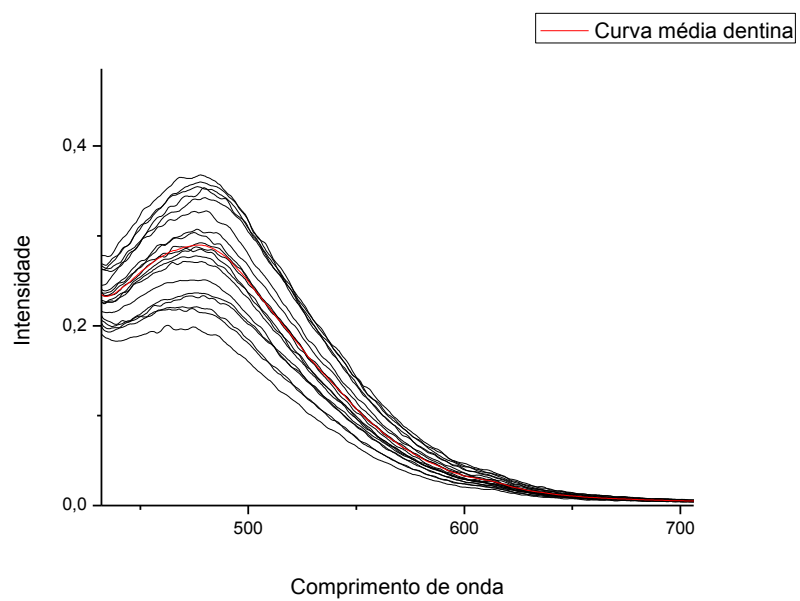
Excitação: 375nm



Excitação 395nm:



Excitação 410nm:



Anexo 4: Intensidade de fluorescência e variação em relação ao tempo inicial das resinas compostas avaliadas

Resina Z350 XT A2E/ Excitação 395 nm							
	Intensidade	Intensidade	Varição	Intensidade	Varição	Intensidade	variação
Amostras	Tempo 0	30 dias		60 dias		90 dias	
Amostra 1	0,15	0,21	0,4	0,25	0,67	0,23	0,53
Amostra 2	0,16	0,23	0,44	0,22	0,38	0,24	0,5
Amostra 3	0,17	0,2	0,18	0,2	0,18	0,22	0,29
Amostra 4	0,15	0,24	0,6	0,23	0,53	0,27	0,8
Amostra 5	0,16	0,2	0,25	0,22	0,38	0,23	0,44
Média e DP	0,16±0,01	0,22±0,02	0,37±0,17	0,22±0,02	0,43±0,19	0,24±0,02	0,51±0,18

Resina Z350 XT A2D/ Excitação 395 nm							
	Intensidade	Intensidade	Varição	Intensidade	Varição	Intensidade	variação
Amostras	Tempo 0	30 dias		60 dias		90 dias	
Amostra 1	0,14	0,16	0,14	0,18	0,29	0,18	0,29
Amostra 2	0,14	0,13	-0,07	0,14	0	0,12	-0,14
Amostra 3	0,12	0,15	0,25	0,17	0,42	0,16	0,33
Amostra 4	0,13	0,15	0,15	0,16	0,23	0,16	0,23
Amostra 5	0,13	0,15	0,15	0,19	0,46	0,18	0,38
Média e DP	0,13±0,01	0,15±0,01	0,13±0,12	0,17±0,02	0,28±0,18	0,16±0,02	0,22±0,21

Resina Z350 XT AT/ Excitação 395 nm							
	Intensidade	Intensidade	Varição	Intensidade	Varição	Intensidade	variação
Amostras	Tempo 0	30 dias		60 dias		90 dias	
Amostra 1	0,07	0,15	1,14	0,26	2,71	0,3	3,29
Amostra 2	0,1	0,18	0,8	0,28	1,8	0,32	2,2
Amostra 3	0,11	0,2	0,82	0,33	2	0,34	2,09
Amostra 4	0,08	0,2	1,5	0,3	2,75	0,31	2,8
Amostra 5	0,08	0,16	1	0,29	2,63	0,27	2,38
Média e DP	0,09±0,02	0,18±0,02	1,05±0,29	0,29±0,03	2,38±0,44	0,31±0,03	2,56±0,5

Resina Opallis EA2/ Excitação 395 nm							
	Intensidade	Intensidade	Varição	Intensidade	Varição	Intensidade	variação
Amostras	Tempo 0	30 dias		60 dias		90 dias	
Amostra 1	3,09	3,23	0,05	2,85	-0,08	2,12	-0,313
Amostra 2	3,73	3,39	-0,09	3,97	0,06	2,29	-0,39
Amostra 3	3,75	3,93	0,05	3,5	-0,07	2,14	-0,43
Amostra 4	2,74	3,07	0,12	4,12	0,5	2,52	-0,08
Amostra 5	3,92	2,83	-0,28	3,29	-0,16	2,5	-0,36
Média e DP	3,45±0,51	3,29±0,41	-0,03±0,16	3,55±0,52	0,05±0,26	2,31±0,19	-0,31±0,13

Resina Opallis DA2/ Excitação 395 nm							
	Intensidade	Intensidade	Varição	Intensidade	Varição	Intensidade	variação
Amostras	Tempo 0	30 dias		60 dias		90 dias	
Amostra 1	2,07	1,6	-0,23	1,52	-0,27	1,49	-0,28
Amostra 2	1,9	1,46	-0,23	1,44	-0,24	1,55	-0,18
Amostra 3	1,38	1,27	-0,08	1,23	-0,18	1,16	-0,16
Amostra 4	2,05	1,6	-0,22	1,76	-0,14	1,47	-0,28
Amostra 5	1,84	1,56	-0,15	1,53	-0,02	1,38	-0,25
Média e DP	1,85±0,28	1,5±0,14	-0,18±0,07	1,5±0,19	-0,17±0,09	1,41±0,15	-0,23±0,06

Resina Opallis TB/ Excitação 395 nm							
	Intensidade	Intensidade	Varição	Intensidade	Varição	Intensidade	variação
Amostras	Tempo 0	30 dias		60 dias		90 dias	
Amostra 1	8,22	5,33	-0,35	5,26	-0,36	6,46	-0,21
Amostra 2	6,79	4,66	-0,31	5,69	-0,16	4,73	-0,3
Amostra 3	5,27	4,13	-0,22	4,9	-0,07	5,94	0,12
Amostra 4	8,28	5,08	-0,39	5,54	-0,33	6,76	-0,18
Amostra 5	7,26	4,09	-0,44	5,02	-0,31	4,25	-0,41
Média e DP	7,16±1,23	4,66±0,55	-0,34±0,08	5,28±0,33	-0,25±0,12	5,63±1,09	-0,2±0,2

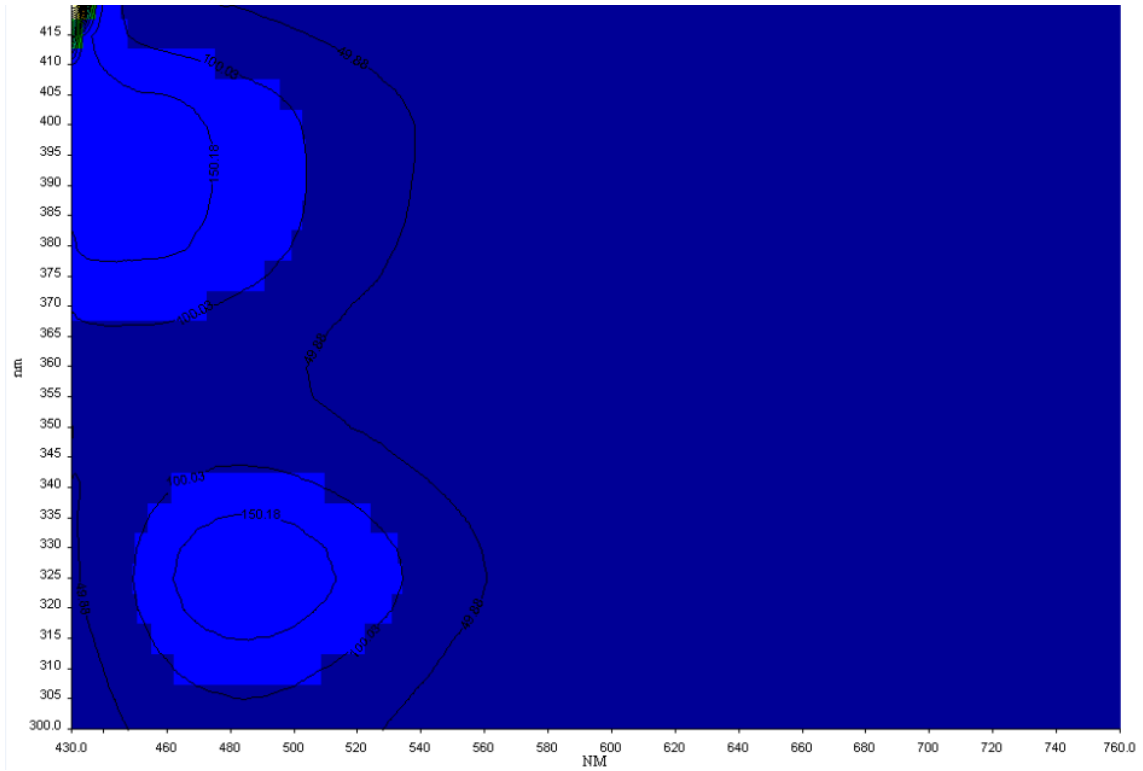
Resina Emprees EA2/ Excitação 395 nm							
	Intensidade	Intensidade	Varição	Intensidade	Varição	Intensidade	variação
Amostras	Tempo 0	30 dias		60 dias		90 dias	
Amostra 1	2,27	2	-0,12	0,99	-0,56	1,43	-0,37
Amostra 2	2,28	1,89	-0,17	0,99	-0,56	1,38	-0,4
Amostra 3	2,36	1,82	-0,23	1,04	-0,58	1,54	-0,35
Amostra 4	2,54	1,82	-0,28	1,9	-0,25	1,64	-0,35
Amostra 5	2,19	1,47	-0,33	1,4	-0,36	1,33	-0,39
Média e DP	2,33±0,13	1,8±2	-0,23±0,08	1,26±0,39	-0,46±0,14	1,46±0,13	-0,37±0,02

Resina Emprees DA2/ Excitação 395 nm							
	Intensidade	Intensidade	Varição	Intensidade	Varição	Intensidade	variação
Amostras	Tempo 0	30 dias		60 dias		90 dias	
Amostra 1	1,16	0,88	-0,24	0,77	-0,34	0,72	-0,38
Amostra 2	1,31	0,99	-0,24	1,21	-0,08	0,89	-0,32
Amostra 3	1,24	0,93	-0,25	1,04	-0,16	0,94	-0,24
Amostra 4	1,21	0,87	-0,28	0,96	-0,21	0,89	-0,26
Amostra 5	1,14	0,97	-0,15	0,92	-0,19	0,89	-0,22
Média e DP	1,21±0,07	0,93±0,05	-0,23±0,05	0,98±0,16	-0,19±0,09	0,87±0,08	-0,29±0,06

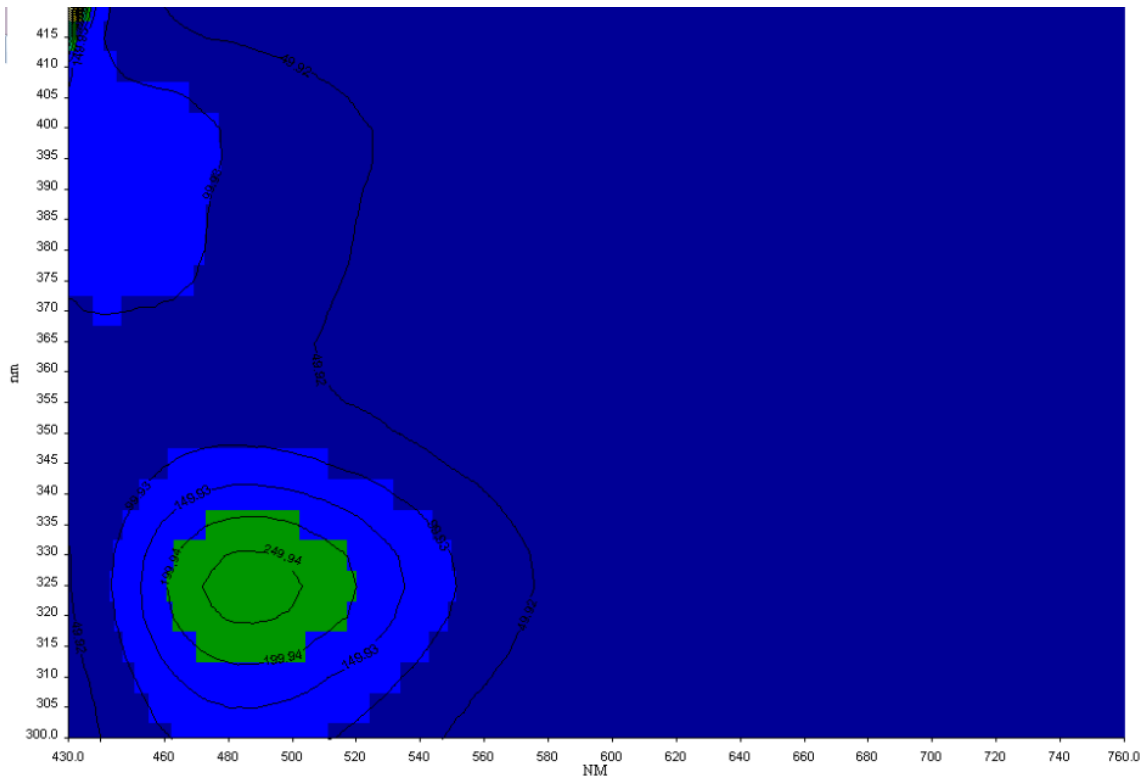
Resina Emprees T20/ Excitação 395 nm							
	Intensidade	Intensidade	Varição	Intensidade	Varição	Intensidade	variação
Amostras	Tempo 0	30 dias		60 dias		90 dias	
Amostra 1	2,71	1,57	-0,42	1,91	-0,3	2,07	-0,24
Amostra 2	3,03	1,76	-0,42	1,82	-0,4	2,16	-0,29
Amostra 3	2,59	2,12	-0,18	1,97	-0,24	2	-0,23
Amostra 4	2,75	2,25	-0,18	1,55	-0,44	1,86	-0,32
Amostra 5	2,8	2,84	0,01	1,66	-0,41	2,43	-0,13
Média e DP	2,78±0,16	2,11±0,49	-0,24±0,18	1,78±0,17	-0,36±0,08	2,1±0,21	-0,24±0,07

## Anexo 5: Mapas de emissão e excitação de todas as resinas compostas avaliadas

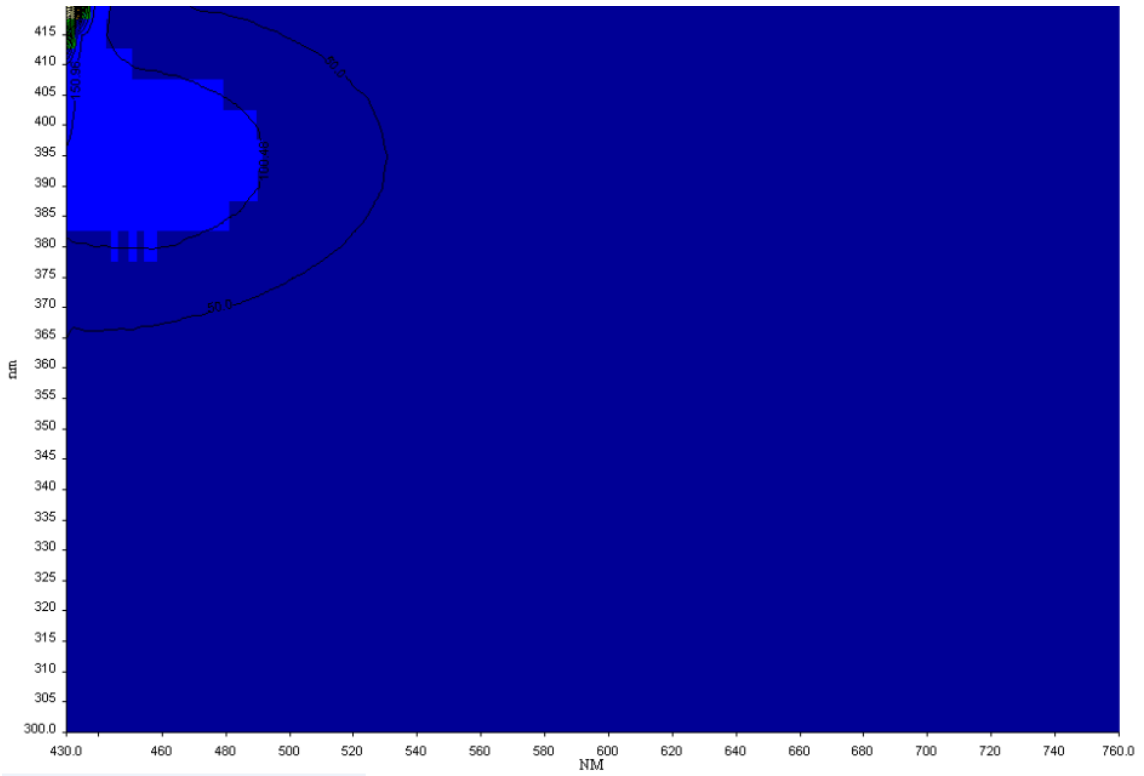
Z350 XT-A2E



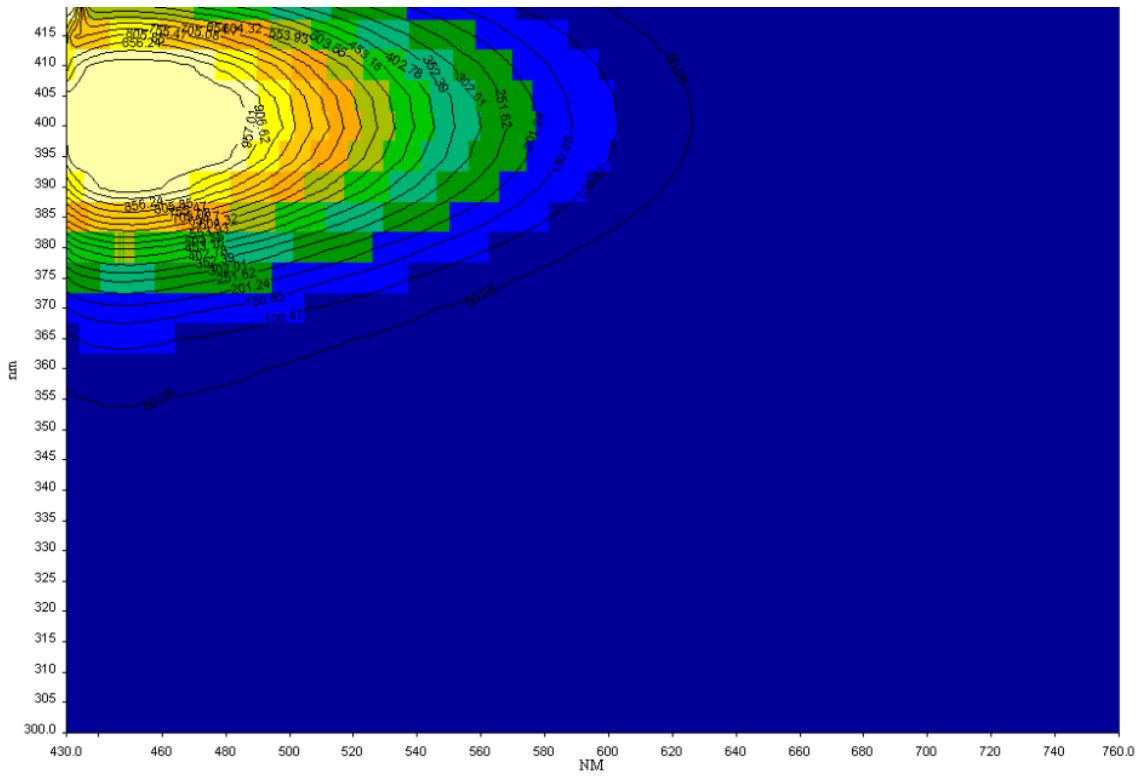
Z350 XT-A2D



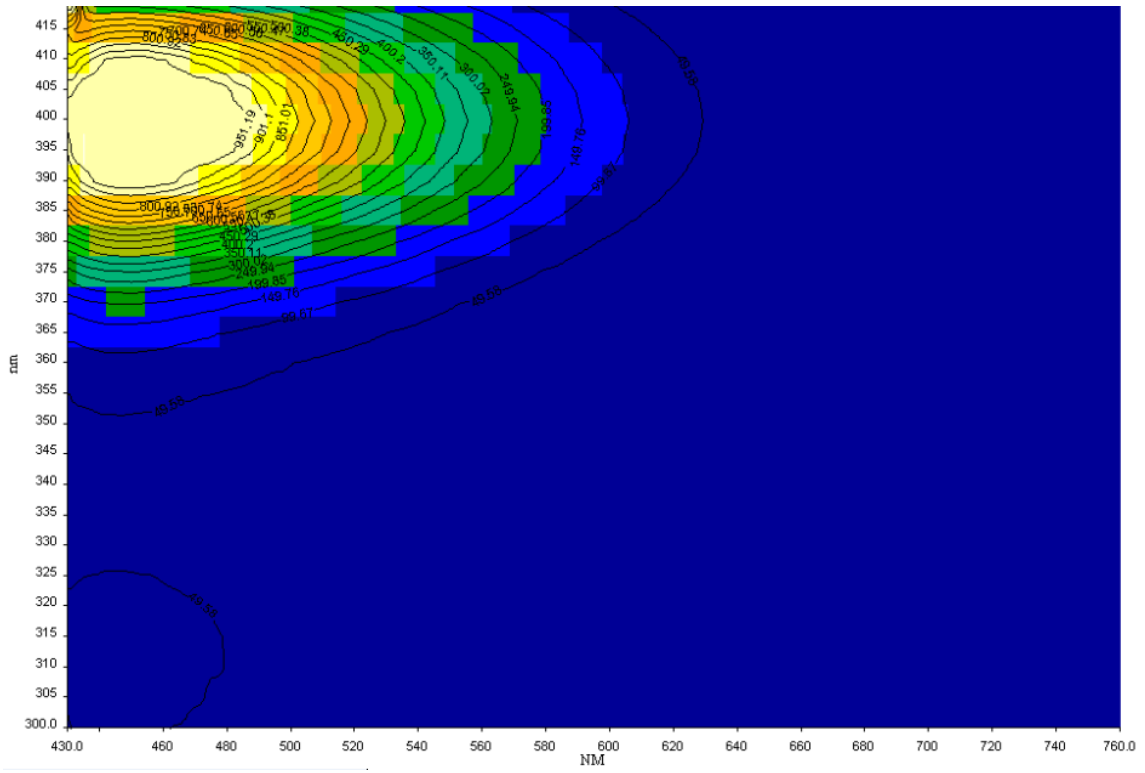
### Z350 XT-AT



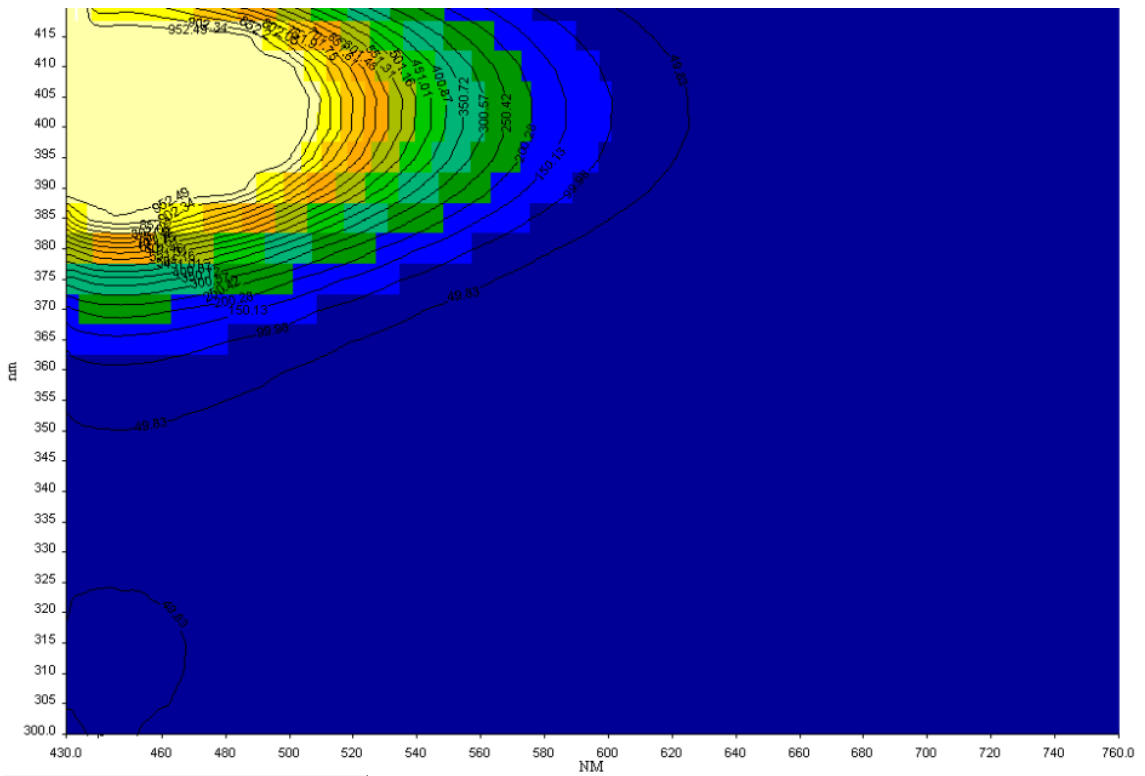
### OP-EA2



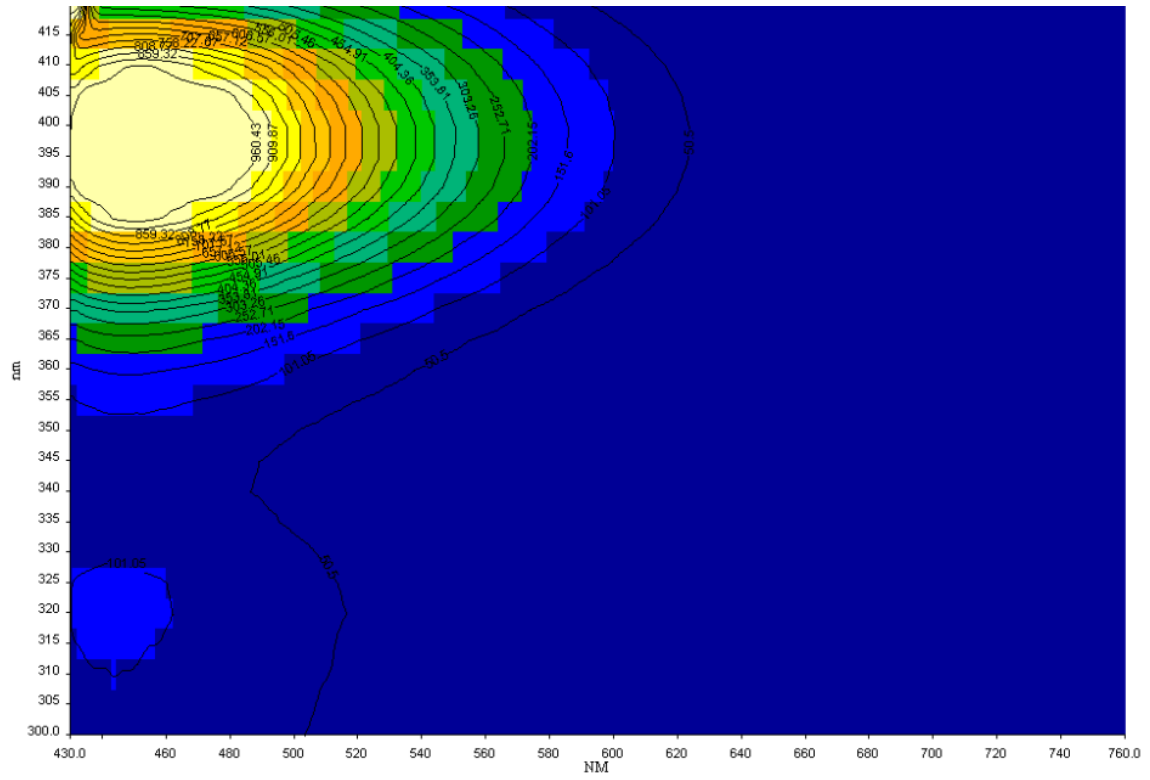
OP-DA2



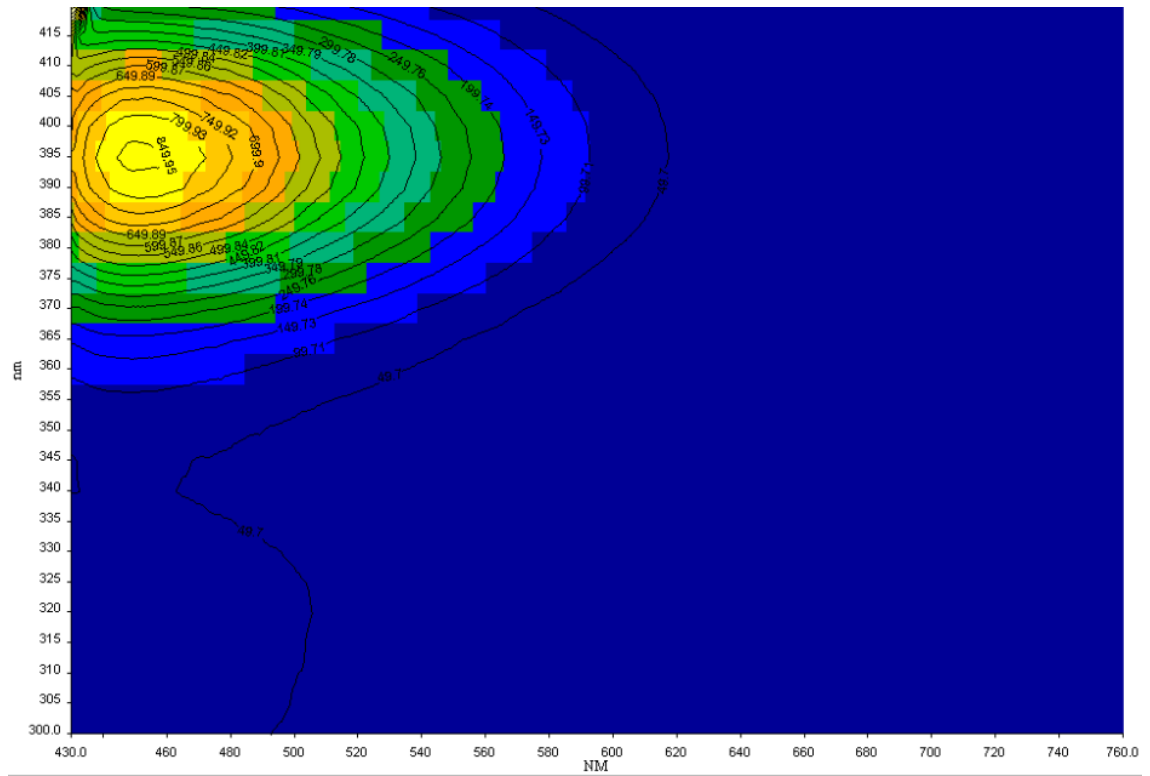
OP-TB



EP-EA2



EP-DA2





EP-T20

