

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO

Clarissa Dias Reder

**ESTABILIDADE DE COR DE
LAMINADOS CERÂMICOS:
EFEITO DO TIPO DE
FOTOINICIADOR DO CIMENTO
RESINOSO**

Passo Fundo

2023

Clarissa Dias Reder

**ESTABILIDADE DE COR DE
LAMINADOS CERÂMICOS:
EFEITO DO TIPO DE
FOTOINICIADOR DO CIMENTO
RESINOSO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Odontologia da Faculdade de Odontologia da UPF, para obtenção do título de Mestre em Odontologia – Área de Concentração em Clínica Odontológica, sob orientação da prof. Dra. Márcia Borba.

Passo Fundo

2023

Folha reservada para
Ata de aprovação da Banca Examinadora

Observação:

Mantenha esta página no seu arquivo, imprimindo-a.
Após, faça a substituição pela Ata de aprovação fornecida pela
Secretaria para manter a correta numeração do seu trabalho.

Folha reservada para
Ficha catalográfica

Observação:

Mantenha esta página no seu arquivo, imprimindo-a.
Após, faça a substituição pela Ficha Catalográfica fornecida pela
Secretaria para manter a correta numeração do seu trabalho.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Clarissa Dias Reder, nascida em 07 de novembro de 1994, na cidade de Palmeira das Missões, RS, onde reside atualmente. Concluiu a graduação em odontologia na Universidade Federal de Pelotas, em 20 de outubro de 2018. Atualmente é cirurgiã-dentista na cidade natal.

OFERECIMENTOS E AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, por me guiar e sempre iluminar meu caminho, permitindo concluir mais essa etapa.

Aos meus pais e meu irmão, que sempre acreditam nos meus sonhos e possibilitam a realização deles. Que me fazem acreditar que eu sempre serei capaz de conquistar tudo o que desejar e permanecem ao meu lado, sempre apoiando e incentivando a ser uma pessoa melhor.

Agradeço a Universidade de Passo Fundo pela forma que me acolheu durante esses dois anos. Agradeço também a Universidade Federal de Pelotas, pela disponibilidade de realização da pesquisa, as professoras Giana Lima e Julia Facenda pelo auxílio em todos os momentos.

Minha orientadora, Marcia Borba, por todo o seu conhecimento compartilhado, foi um privilégio ter a sua orientação. Obrigada pela dedicação, paciência, incentivo, suporte e, principalmente por ter acreditado e confiado que eu poderia realizar. Serei sempre grata!

A aluna de graduação Nathalia Suzin, que teve papel importante na execução desse trabalho.

Também agradeço aos colegas de mestrado pelos momentos vividos e conhecimentos compartilhados. Ter vocês como turma tornou essa etapa mais leve e divertida. Desejo que sempre busquem realizar seus sonhos e sejam muito felizes!

Muito obrigada!

SUMÁRIO

BIOGRAFIA DO AUTOR	5
OFERECIMENTOS E AGRADECIMENTOS	6
SUMÁRIO	7
LISTA DE TABELAS	8
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE ABREVIATURAS	10
1. INTRODUÇÃO	
.....	13
3. PROPOSIÇÃO	
.....	27
5. RESULTADOS	
.....	37
6. DISCUSSÃO	
.....	42
REFERÊNCIAS	47
ARTIGO SUBMETIDO	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição dos grupos experimentais e materiais utilizados.

Tabela 2- Valores de média de TP_{00} mensurado no tempo inicial e após 45 dias de envelhecimento para os grupos experimentais, e diferença de translucidez entre os tempos avaliados.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Dente e laminado cerâmico

Figura 2 – Corpo de prova finalizado (frontal)

Figura 3 – Corpo de prova finalizado (lateral)

Figura 4- Dados de média e intervalo de confiança de 95% para os grupos experimentais. (a) Gráfico com os valores de limite de perceptibilidade 50:50% e os intervalos de confiança de 95% superior e inferior. (b) Gráfico com os valores de limite de aceitabilidade 50:50% e os intervalos de confiança de 95% superior e inferior.

Figura 5- Valores de média de ΔWID para os grupos experimentais e intervalos de confiança de 95%. Limites de perceptibilidade e aceitabilidade.

LISTA DE ABREVIATURAS

4-META - 4- metacrietil trimetílico anidrido
AT – Limite de aceitabilidade
BAPO - óxido de fenilbis-fosfina
Bis-GMA – Metacrilato de bisfenol A diglicidil
CIE - Comissão Internacional de Iluminação
CP – Corpo-de-prova
CQ- canforoquinona
DPIHFP - Difeniliodônio hexafluorofosfato
EDAB - etil – dimetilamino benzoato
HEMA – Hidroximetilmetacrilato
MDP - 10-metacriloiloxidecil di-hidrogênio fosfato
NX3-d - cimento resinoso dual NX3 Nexus
NX3-f - cimento resinoso fotoativado NX3 Nexus
PT – Limite de perceptibilidade
RXV - cimento resinoso fotoativado RelyX Veneer
TEGDMA – Dimetacrilato de trietilenoglicol
TPO - óxido de difenil-fosfina
TP – parâmetro de translucidez
UDMA – Dimetacrilato de uretano

RESUMO

O sucesso das restaurações indiretas depende da adesão e durabilidade da união entre o sistema adesivo e o substrato dental. A seleção do cimento resinoso pode alterar imprevisivelmente a cor da restauração, dependendo da sua composição química. O objetivo deste estudo é avaliar o efeito de diferentes fotoiniciadores, em cimentos resinosos, na estabilidade de cor de laminados cerâmicos submetidos ao envelhecimento em água. Foram avaliados seis materiais para cimentação, sendo três materiais comerciais, cimento resinoso RelyX Veneer fotoativado (RXV; 3M Oral Care), cimento resinoso NX3 Nexus (Kerr) fotoativado (NX3-f) e dual (NX3-d), e três materiais experimentais com os fotoiniciadores CQ/EDAB, BAPO e TPO. Foram confeccionados corpos-de-prova compostos por um laminado de vitro-cerâmica reforçada por leucita (0,5 mm) cimentado com os diferentes materiais sobre um fragmento dental (1,0 mm) (n=10). Os corpos-de-prova ficaram armazenados em água a 37° C por 45 dias. A análise de cor foi realizada com um espectrofotômetro utilizando a métrica CIEDE2000 após 48 horas (inicial) e 45 dias de envelhecimento em água. As diferenças de cor (ΔE_{00}), de brancura (ΔWID) e de translucidez (ΔTP_{00}) foram comparadas com os limiares de perceptibilidade (PT) e aceitabilidade (AT) e seus respectivos intervalos de confiança em 95%. Para ΔE_{00} , o grupo TPO obteve o maior valor, sendo acima de AT_{00} , enquanto os demais grupos apresentaram valores estatisticamente menores e abaixo de PT_{00} . O grupo TPO também apresentou valores de ΔTP_{00} acima de AT. Para ΔWID , os grupos RXV, NX3-f, NX3-d, CQ/EDAB e BAPO apresentam valores de ΔWID menores do que PT. Já o grupo TPO apresenta uma diferença de brancura perceptível, mas aceitável clinicamente. Os cimentos comerciais RXV, NX3 fotoativado e dual, e os cimentos experimentais CQ/EDAB e BAPO apresentaram estabilidade de cor semelhante após 45 dias, podendo ser indicados para cimentação de laminados cerâmicos.

Palavras-chave: Cimento de resina, cerâmica, envelhecimento.

ABSTRACT¹

The success of indirect restorations depends on the adhesion and durability of the bond between the adhesive system and the dental substrate. The selection of resin cement can unpredictably change the color of the restoration, depending on its chemical composition. The objective of this study is to evaluate the effect of different photoinitiators, in resin cements, on the color stability of ceramic laminates submitted to aging in water. Six cementation materials were evaluated, three commercial materials, photoactivated RelyX Veneer resin cement (RXV; 3M Oral Care), NX3 Nexus resin cement (Kerr) photoactivated (NX3-f) and dual-cured (NX3-d), and three experimental materials with the photoinitiators CQ/EDAB, BAPO and TPO. Specimens composed of a leucite-reinforced glass-ceramic laminate (0.5 mm) cemented with the different materials on a dental fragment (1.0 mm) were made (n=10). The specimens were stored in water at 37° C for 45 days. Color analysis was performed with a spectrophotometer using the CIEDE2000 metric after 48 hours (initial) and 45 days of aging in water. Differences in color (ΔE_{00}), whiteness (ΔWID) and translucency (ΔTP_{00}) were compared with perceptibility (PT) and acceptability (AT) thresholds and their respective 95% confidence intervals. For ΔE_{00} , the TPO group obtained the highest value, being above AT_{00} , while the other groups had statistically lower values and below PT_{00} . The TPO group also showed ΔTP_{00} values above AT. For ΔWID , the RXV, NX3-f, NX3-d, CQ/EDAB and BAPO groups have lower ΔWID values than PT. The TPO group, on the other hand, presents a perceptible difference in whiteness, but clinically acceptable. The commercial resin cements RXV, NX3 photoactivated and dual-cured, and the experimental materials CQ/EDAB and BAPO showed similar color stability after 45 days and may be indicated for cementation of ceramic laminates.

Keywords: Resin cement, ceramics, aging.

¹ Color stability of ceramic laminates: effect of the resin cement photoinitiator

1. INTRODUÇÃO

A função de um agente cimentante é manter a restauração indireta em posição, pelo tempo necessário, preenchendo o espaço entre ela e o dente, sendo uma etapa fundamental que está sempre em aprimoramento (Hill, 2007; Namoratto *et al.*, 2013). Assim, a composição dos cimentos resinosos é parecida com a das resinas compostas, porém, estes possuem uma menor quantidade de partículas de carga (Ferracane *et al.*, 2011). A estabilidade de cor dos materiais de cimentação tem grande influência na cor final das restaurações indiretas e para resultados estéticos de longo prazo este é um fator importante (Perroni *et al.*, 2018).

De acordo com Furuse *et al.* (2016), nos cimentos quimicamente ativados e duals, a oxidação do grupo amina é a responsável pela alteração de cor ao longo do tempo. O cimento resinoso fotoativado tem como vantagem a estabilidade de cor e a indicação para cimentação de restaurações cerâmicas e de resina composta, desde que as mesmas apresentem espessura suficiente para transmitir luz para a polimerização do material (Inokoshi *et al.*, 2016; Perroni *et al.*, 2018; Bragança *et al.*, 2020; Gugelmin *et al.*, 2020;).

A canforoquinona (CQ) é um composto amarelo e sólido presente nos cimentos resinosos, sendo o sistema iniciador mais comum (Brandt *et al.*, 2010; Delgado *et al.*, 2019; Favarão *et al.*, 2021). Para que ocorra a reação de fotopolimerização um co-iniciador

reage com a CQ, o mais comumente associado é o etil – dimetilamino benzoato (EDAB), pertencente ao grupo das aminas terciárias, juntos aceleram o processo de polimerização, porém formam radicais livres que quando entram em contato com o oxigênio afetam a estabilidade de cor do cimento (Brandt *et al.*, 2010; Delgado *et al.*, 2019; Almeida *et al.*, 2019; Atay *et al.*, 2019; Favarão *et al.*, 2021). Também, caso o grau de conversão atingido não seja o suficiente as propriedades físicas e mecânicas da restauração podem ser reduzidas (Bragança *et al.*, 2020).

Assim, os fabricantes tem desenvolvido sistemas de iniciação que possam substituir ou agir em conjunto com a CQ e as aminas como: o óxido de fenilbis-fosfina (BAPO), o óxido de difenil-fosfina (TPO) e o dibenzoil germânio (Ivocerin) (Ikemura & Endo, 2010; Alkurt & Duymus, 2018; Atay *et al.*, 2019). Mesmo sem um co-iniciador, estes sistemas podem possuir o grau de conversão igual, ou maior, quando comparado com o sistema CQ/EDAB (Ikemura & Endo, 2010; Almeida *et al.*, 2019; Kowalska *et al.*, 2021).

Quando comparados os fotoiniciadores BAPO e TPO com CQ com amina, a melhor estabilidade de cor foi apresentada por TPO que possui um coeficiente de extinção molar maior que BAPO (Albuquerque *et al.*, 2013). Atay *et al.* (2019) também testaram cimentos resinosos isentos de amina, como o NX3 (Kerr), e mostraram que este cimento tem adequada estabilidade de cor e pouca descoloração. Dessa forma, cimentos resinosos que contém esses novo fotoiniciadores são recomendados para cimentação de

restaurações com pouca espessura em áreas estéticas (Alkhudhairy *et al.*, 2020).

Em sua revisão de literatura Perroni *et al.* (2018) encontrou que a tonalidade da cerâmica tem influência, após envelhecimento, na descoloração das cerâmicas cimentadas, sendo que nas cerâmicas translúcidas ou de croma claro foi encontrada maior média de alteração de cor quando comparadas com cerâmicas opacas ou de croma escuro. Foram encontradas diferenças entre estudos que analisaram as cerâmicas cimentadas em esmalte, em substrato de polímero ou apenas o cimento, o que pode ser explicado pela área de superfície do agente cimentante exposta ao envelhecimento. Portanto, apenas uma linha fina do agente cimentante entre a faceta e o substrato deve ser exposta ao envelhecimento, para que a dinâmica de eluição e degradação dos componentes não seja afetada nem altere a mudança de cor, simulando da melhor forma a exposição clínica de facetas cimentadas em boca.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cimentos Resinosos

A função de um agente cimentante é manter a restauração indireta em posição, pelo tempo necessário, preenchendo a lacuna entre o dente e a restauração. Além disso, o cimento deve cumprir requisitos básicos como não prejudicar o dente ou os tecidos adjacentes, fornecer um tempo de trabalho e de presa suficiente e possuir a fluidez adequada para manter intacto o selamento da restauração (Hill, 2007). Peutzfeldt *et al.* (2011) afirmam existir relação entre o material restaurador e o agente cimentante, não existindo um cimento universalmente superior, a resistência de união deles varia acordo com o material restaurador escolhido.

Para Hill & Lott (2011), a escolha do cimento deve ser de acordo com cada situação clínica específica e cabe ao cirurgião dentista ter conhecimento sobre as opções disponíveis. Como é uma etapa fundamental, a cimentação está sempre em aprimoramento, o cimento de fosfato de zinco, o policarboxilato e o cimento de ionômero de vidro foram os primeiros agentes cimentantes desenvolvidos e são considerados cimentos convencionais. Com as novas técnicas de preparo e maior exigência estética e adesiva das restaurações surgiram os cimentos resinosos, com composição semelhante à das resinas compostas (Namoratto *et al.*, 2013).

Segundo de Souza *et al.* (2015) os cimentos resinosos possuem comportamento mecânico e propriedades ópticas superiores aos cimentos convencionais de fosfato de zinco e ionômero de vidro, além da possibilidade de adesão com ou sem sistema adesivo e, por isso, tem sido frequentemente utilizados. Estes cimentos podem ser classificados como cimentos resinosos convencionais, aqueles que além do agente cimentante, precisam de um adesivo que pode ser usado na técnica de condicionamento e lavagem ou autocondicionante; ou cimentos resinosos autoadesivos que unem o adesivo e cimento, não sendo necessário tratar o substrato dentário nem a restauração (Miotti *et al.*, 2020).

A composição dos cimentos resinosos é parecida com a das resinas compostas, porém, estes possuem uma menor quantidade de partículas de carga (Ferracane *et al.*, 2010). No geral, são formados por uma matriz de Bis-GMA ou UDMA, o monômero com baixo peso molecular pode ser o TEGMA, já o HEMA e o 4-META são grupos hidrofílicos que promovem adesão à dentina. Outro grupo que promove adesão é o do monômero MDP (Lima *et al.*, 2016). Além disso, a matriz dos cimentos possui grupos hidroxila e éster que absorvem água, Atay *et al.* (2019) relataram que os efeitos hidrolíticos e higroscópicos tem papel importante na mudança de cor dos cimentos resinosos.

Malysa *et al.* (2021) mostraram que os cimentos resinosos quimicamente ativados proporcionam maior retenção quando comparado aos cimentos convencionais como ionômero de vidro e fosfato de zinco. Desta forma, são indicados para a cimentação de

próteses fixas unitárias e parciais, podendo ter ou não, estrutura metálica, e retentores intrarradiculares (Namoratto *et al.*, 2013). Segundo Lima *et al.* (2016), os cimentos químicos são indicados para casos em que a luz da fonte fotoativadora chegaria com dificuldade na camada de cimento, como em restaurações de alta opacidade e maior espessura. A alteração de cor que ocorre nos cimentos resinosos está ligada ao grau de conversão e, nesse cimento, a responsável é a oxidação do grupo amina (Furuse *et al.*, 2016).

Os cimentos fotoativados tem como vantagem a estabilidade de cor, quando comparado ao cimento dual, e maior tempo de trabalho (Perroni *et al.*, 2018; Gugelmin *et al.*, 2020). Segundo Inokoshi *et al.* (2016), são indicados para restaurações cerâmicas e de resina composta com espessura suficiente para transmitir luz, além de ter a possibilidade do cimento teste para verificação de cor (Bragança *et al.*, 2020). Para resultados estéticos de longo prazo a estabilidade de cor é um fator importante e quando mantemos uma área de superfície do cimento exposta a condições de envelhecimento, podendo ocorrer a degradação dos monômeros e iniciadores e, por consequência, mudança de cor (Perroni *et al.*, 2018). A canforoquinona é o fotoiniciador utilizado pela maioria dos cimentos resinosos, o tempo de exposição e a quantidade de luz transmitida vão influenciar no grau de conversão dos monômeros. Caso o grau de conversão atingido não seja o suficiente as propriedades físicas e mecânicas da restauração podem ser reduzidas (Bragança *et al.*, 2020).

De acordo com Gugelmin *et al.* (2020) e Furuse *et al.* (2016) os cimentos duais se destacam por possuírem excelentes resistência à flexão, módulo de elasticidade, dureza e grau de conversão. Por outro lado, não possuem uma boa estabilidade de cor, não sendo indicados para cimentação de restaurações translúcidas (Almeida *et al.*, 2015). Furuse *et al.* (2016) também mostraram que estes cimentos alcançaram maior dureza quando a ativação da luz foi retardada por 6 minutos, mostrando que, apesar de complexo, o grau de conversão dos cimentos duais é proporcional à polimerização adequada. Estes cimentos possuem uma combinação de aminas para reagir com peróxido de benzoíla e outra para reagir com a canforoquinona, portanto, para melhorar a estabilidade de cor, quando um cimento dual for o cimento de escolha, pode-se optar pelo que possui maior concentração de componentes fotossensíveis (Almeida *et al.*, 2015).

De acordo com Manso *et al.* (2011), os cimentos resinosos autoadesivos possuem sistema simplificado, por não ser necessário o pré-tratamento das superfícies com agentes de união. Também possuem acidez suficiente para dissolver a smear-layer, o que permite a penetração do cimento nos túbulos dentinários e boa adesão, sendo indicado para cimentação de coroas e próteses parciais fixas metalocerâmicas e totalmente cerâmicas, sem ser ideal para facetas, inlays e onlays. Já Reis *et al.* (2020) consideram este, um cimento com alta viscosidade e pH insuficiente para formar uma camada híbrida na superfície da dentina, interferindo na sua resistência à união.

2.2 Fotoiniciadores

Restaurações indiretas dependem da eficácia da adesão e durabilidade da interface de união entre o sistema adesivo e o substrato dental. Assim, o polímero resultante do processo de polimerização desempenha um papel importante na longevidade da restauração (Almeida *et al.*, 2019). O cimento resinoso, em conjunto com a cor e espessura do material restaurador e a dentina subjacente, pode alterar a cor final da restauração (Alkurt & Duymus 2018; Atay *et al.*, 2019). Para a reação de polimerização química dos cimentos duais o peróxido de benzoíla reage com as aminas aromáticas, já para a fotoativação, aminas alifáticas reagem com a canforoquinona (CQ) (Brandt *et al.*, 2010).

A CQ é conhecida como um composto amarelo e sólido presente em grande quantidade nos cimentos resinosos, sendo o sistema iniciador mais comum. Quando reage com um co-iniciador, como uma amina terciária, forma radicais livres e inicia a sua polimerização. Apesar de acelerar o processo de polimerização, ao reagir com o oxigênio, afeta a estabilidade de cor do cimento resinoso, afetando sua aparência estética final (Brandt *et al.*, 2010; Delgado *et al.*, 2019; Favarão *et al.*, 2021). O co-iniciador mais associado a CQ é o etil – dimetilamino benzoato (EDAB), pertencente ao grupo das aminas terciárias, durante a polimerização estas formam subprodutos que, ao longo do tempo, mudam de cor do amarelo ao marrom (Almeida *et al.*, 2019; Atay *et al.*, 2019).

Dessa forma, alguns fabricantes tem desenvolvido sistemas de iniciação que possam substituir ou agir em conjunto com CQ/EDAB. A redução da amina ou a falta dela resultam em uma melhor

estabilidade de cor do material e, quando o envelhecimento foi feito de forma acelerada, observou-se uma mudança de cor clinicamente aceitável (Alkurt & Duymus, 2018; Atay *et al.*, 2019). Um exemplo de redução de amina é o difeniliodônio hexafluorofosfato (DPIHFP), associado com CQ/EDAB age como um catalisador para a polimerização, tornando as propriedades mecânicas e a estabilidade de união melhores (Almeida *et al.*, 2019).

Os sistemas que são livres de amina como o óxido de fenilbis-fosfina (BAPO), o óxido de difenil-fosfina (TPO) e o dibenzoil germânio (Ivocerin), passam por um processo de clivagem que gera dois radicais livres que são responsáveis pela polimerização (Ikemura & Endo, 2010). Mesmo sem um co-iniciador, estes sistemas podem possuir o grau de conversão igual, ou maior, quando comparado com o sistema CQ/EDAB (Ikemura & Endo, 2010; Almeida *et al.*, 2019; Kowalska *et al.*, 2021).

Segundo Kowalska *et al.* (2021) e Delgado *et al.* (2019), os fotoiniciadores são divididos em dois tipos de acordo com a forma que são ativados. Os de tipo 1 tem ligações de baixa energia, após clivagem hemolítica produzem mais radicais ativos, permitindo a fotopolimerização por comprimento de onda mais curto e fóton de maior energia da luz violeta. Sua eficiência também é aumentada devido ao valor molar mais alto, além de uma melhor combinação de cores como resultado da baixa pigmentação devido à absorção da faixa de onda mais curta. Os fotoiniciadores do tipo 1 são BAPO e TPO. Já a CQ e seus co-iniciadores são considerados do tipo 2, a polimerização desses é iniciada por luz azul e é mais lenta que a do

tipo 1. No tipo 2 a formação do radical depende da concentração, estrutura e tipo de co-iniciador.

Segundo Alkhudhairy *et al.* (2020), a incorporação do dibenzoil germânio no cimento aumentou seu grau de polimerização, apresentando melhor reatividade e profundidade de polimerização por luz, o que indica uma maior estabilidade de cor. Atay *et al.* (2019) testou quatro cimentos resinosos duais isentos de amina, como o NX3 (Kerr), Panavia V5 (Kuraray), Variolink Esthetic DC (Ivoclar Vivadent) e G-CEM Linkforce (GC) e mostrou que o cimento NX3 tem melhor estabilidade de cor e menor descoloração que o Panavia V5 e G-CEM Linkforce. Albuquerque *et al.* (2013) compararam os fotoiniciadores BAPO e TPO com CQ com amina, a melhor estabilidade de cor foi apresentada por TPO que possui um coeficiente de extinção molar maior que BAPO.

Castellanos *et al.* (2019) sugerem os fotoiniciadores tipo 1, ou a combinação de dois ou mais deles, como uma alternativa para a CQ, uma vez que eles reduzem o amarelamento ao longo do tempo e mantêm as propriedades mecânicas dos materiais resinosos semelhantes ou superiores aos sistemas com CQ. As propriedades do cimento resinoso podem ser mantidas ou reduzidas com os novos fotoiniciadores assim, eles devem ser utilizados para cimentar restaurações com pouca espessura devido aos seus benefícios estéticos e tem indicações limitadas para restaurações cerâmicas espessas (Alkhudhairy *et al.*, 2020; Delgado *et al.* 2019).

2.3 Cor

As alterações de cores dentárias podem ocorrer devido à tratamento de canal inadequado, uso de tetraciclinas e lesões traumáticas (Dos Santos *et al.*, 2021). Essas alterações podem ser corrigidas com procedimentos restauradores e fatores como composição, translucidez e espessura do material, cor do cimento e cor do remanescente dental influenciam no resultado óptico final (Boscato *et al.*, 2015). Portanto, os cimentos resinosos contribuem para a construção da cor final da restauração, que é resultado da cor e espessura do material restaurador junto com o cimento resinoso e a dentina subjacente (Atay *et al.*, 2019).

De acordo com Polo *et al.* (2017) a grande dificuldade está em definir com precisão as diferenças de cores, entre dois materiais a diferença pode ser perceptível ou não pelo olho humano, aceitável ou não clinicamente. Na literatura existem diversos métodos de avaliação de cor, segundo Abreu *et al.* (2020), o mais utilizado é a análise de diferença de cores que auxilia na determinação de parâmetros de perceptibilidade e aceitabilidade. A perceptibilidade se refere a identificação visual da diferença de cores entre a restauração e o dente. A aceitabilidade é a aceitação dessa diferença de cor pelo indivíduo. A responsável pelo desenvolvimento de metodologias que envolvem a ciência da cor é a Comissão Internacional de Iluminação (CIE), ela desenvolveu o espaço de cores CIELAB, as fórmulas de diferença de cor e alguns padrões de iluminação (Dos Santos *et al.*, 2021).

Para representar a cor de um objeto o espaço de cores CIELAB utiliza-se de coordenadas onde L é o eixo de luminosidade;

a é o eixo verde/vermelho e b o eixo amarelo/azul. Desta forma, a equação de diferença de cores CIELAB é utilizada para avaliar a diferença de cor entre dois objetos ou o mesmo objeto em momentos distintos (Dos Santos *et al.*, 2021; Atay *et al.*, 2019). Segundo Pecho *et al.* (2016), quanto maior o resultado desta equação, maior a discrepância de cor e mais perceptível é pelo olho humano. Já para Perez *et al.* (2011), as fórmulas que convertem os valores colorimétricos em coordenadas não capturam adequadamente as diferenças de cores percebidas.

Assim, foram usados fatores paramétricos para controlar essas diferenças de sensibilidade e desenvolver o CIEDE2000, uma nova fórmula para a diferença de cores (Pecho *et al.*, 2016). Segundo Perez *et al.* (2011), o CIEDE2000 proporcionou melhores indicadores de perceptibilidade e aceitabilidade, mostrando melhor ajustes na avaliação de diferença de cores.

As fórmulas de diferença de cor têm como principal objetivo alcançar a maior concordância entre a tonalidade resultante e os julgamentos visuais dos observadores (Pecho *et al.*, 2016). As diferenças de coordenadas de cor são avaliadas através de comparações com limite de aceitabilidade (AT) e limite de perceptibilidade (PT). Dessa forma, quando dois corpos-de-prova possuem diferença de cor no limite ou abaixo do PT possui uma excelente combinação. Quando a diferença é entre PT e AT, a combinação é aceitável. Se a diferença estiver acima de AT a combinação é inaceitável. Esses limites para ΔE_{00} foram definidos

pela Organização Internacional para Padronização através dos valores $AT_{00} = 1,77$ e $PT_{00} = 0,81$.

A translucidez é a propriedade definida pela quantidade de luz que se difunde sobre a superfície de um substrato. A principal responsável pela tonalidade básica dos dentes naturais é a dentina e ela apresenta baixa translucidez e alta saturação, o esmalte se apresenta mais translúcido, atenuando a saturação e permitindo a transmissão de luz para a dentina subjacente (Pachaly *et al.*, 2008; Xia; Xiong, 2021). O parâmetro de translucidez também tem sido utilizado para avaliar a translucidez de materiais dentários e a CIE recomenda o uso da fórmula de diferença de cores CIEDE2000, devendo utilizar a diferença dos fundos preto e branco (Salas *et al.*, 2018; Xia; Xiong, 2021). A utilização de um parâmetro adequado é fundamental para obter uma melhor correlação visual, que também fornece uma interpretação clínica mais precisa, assim os limiares de translucidez adequados são definidos como $TPT_{00} = 0,62$ e $TAT_{00} = 2,62$ (Salas *et al.*, 2018).

A medição adequada da brancura também é importante para a pesquisa e fabricação de materiais odontológicos e um material branco é aquele em que a refletância em toda a faixa de comprimento de onda visível é constante e alta, podendo se dizer que possui luminosidade muito alta e saturação muito baixa (Pérez *et al.*, 2016). Uma das fórmulas para avaliar o índice de brancura é a CIE WIC, porém sua aplicação na odontologia é incerta, pois foi designada apenas para amostras que possuem coordenadas de cores dentro de um limite estreito que não corresponde as cores dos dentes

(Luo *et al.*, 2009). Dessa forma Pérez *et al.* (2019), descrevem o índice de brancura WID, específico para odontologia e obtido pelas coordenadas cromáticas CIELAB, como uma formulação linear simples e com interpretação clara na qual altos valores positivos indicam maiores valores de brancura e valores baixos ou negativos indicam menores valores de brancura. Pérez *et al.* (2018) encontrou os valores de WPT = 0,61 e WAT = 2,9.

3. PROPOSIÇÃO

3.1. Objetivos gerais

Avaliar o efeito de diferentes sistemas de iniciação da polimerização, em materiais resinosos para cimentação, na estabilidade de cor de laminados cerâmicos submetidos ao envelhecimento em água.

3.2. Objetivos específicos

1) Avaliar a influência do tipo de fotoiniciador do cimento resinoso na estabilidade de cor (ΔE_{00}) de laminados cerâmicos envelhecidos em água por 45 dias.

Hipótese 1: os cimentos resinosos com os novos fotoiniciadores tem melhor estabilidade de cor do que os cimentos com canforoquinona, após envelhecimento.

2) Investigar o efeito do tipo de fotoiniciador do cimento resinoso na diferença de brancura (ΔWID) de laminados cerâmicos envelhecidos em água por 45 dias.

Hipótese 2: os cimentos resinosos com os novos fotoiniciadores tem menor diferença de brancura do que os cimentos com canforoquinona, após envelhecimento.

3) Avaliar o efeito do tipo de fotoiniciador do cimento resinoso na translucidez (TP) de laminados cerâmicos.

Hipótese 3: Cimentos resinosos com diferentes tipos de fotoiniciador apresentam translucidez semelhante.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Grupos Experimentais

Foram avaliados seis cimentos indicados para cimentação de laminados cerâmicos, sendo três comerciais e três experimentais. Entre os cimentos comerciais foram selecionados: (RXV) cimento resinoso fotoativado RelyX Veneer (3M Oral Care, Sumaré, SP, Brasil), por já estar consolidado como material para cimentação de facetas e possuir canforoquinona como fotoiniciador, (NX3-f) cimento resinoso fotoativado e (NX3-d) cimento resinoso dual NX3 Nexus (Kerr, Moema, SP, Brasil), que possuem sistema de iniciação com amina redox e livre de peróxido de benzofila. Três materiais resinosos experimentais foram desenvolvidos em conjunto com a Universidade Federal de Pelotas (UFPel), compostos pelos novos fotoiniciadores BAPO e TPO, e um grupo controle com canforoquinona (CQ/EDAB). A descrição dos grupos experimentais e materiais utilizados encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 - Descrição dos grupos experimentais e materiais utilizados.

Cimento*	Composição			Características	
	Polímero	Carga	Iniciador	Tipo	Cor
RXV - RelyX Veneer (3M Oral Care)	TEGDMA; BisGMA	zircônia/sílica com tamanho médio de 0,6 µm em 66% em peso	CQ	Foto- ativado	White opaque
NX3-f - NX3 Nexus (Kerr)	TEGDMA; BisGMA; Bis- EMA; UDMA; hidroxi-4- metoxibenzofe nona	sílica; vidro de aluminoborosili- cato bário; fluoreto de sódio	CQ, EDMAB	Foto- ativado	White
NX3-d - NX3 Nexus (Kerr)	TEGDMA; BisGMA; BisEMA; UDMA; GDMA-P; hidroximetacril ato; 2,6-di(terc- butil)-4- metilfenol	sílica; vidro de aluminoborosili- cato bário; fluoreto de sódio; pigmento e óleo de menta piperita 66,5% em peso	Hidro- peróxido de cumeno	Dual	White
CQ/EDAB (experimental)	TEGDMA; BisGMA	Sílica 20%	CQ, EDAB	Foto- ativado	Trans- parente
BAPO (experimental)	TEGDMA; BisGMA	Sílica 20%	BAPO	Foto- ativado	Trans- parente
TPO (experimental)	TEGDMA; BisGMA	Sílica 20%	TPO	Foto- ativado	Trans- parente

*Dados obtidos dos fabricantes dos cimentos comerciais.

Os cimentos experimentais foram desenvolvidos de acordo com a seguinte metodologia. A sílica foi recoberta com 1 g de silano, após foi adicionado acetona à mistura e, colocado em um agitador magnético

(700 rpm) na capela (RCT basic, IKA, Staufen, Alemanha) para ocorrer a evaporação da acetona. Após, a sílica ficou na estufa a 37° durante 24 horas e foi peneirada com peneira manual. Na resina base Blenda foram adicionados os monômeros TEGDMA e BisGMA, além da sílica. Cada ingrediente adicionado foi pesado em balança de precisão (AUW-D Series, Shimadzu, Barueri, SP, Brasil). A medida que cada componente era inserido, era então realizada uma mistura de forma manual por 1 min e, após, era inserido na centrífuga (K14-4000, KASVI, São José dos Pinhais, PR, Brasil) por 2 minutos. Essa mistura foi colocada em embalagens envoltas em papel alumínio para que não permitisse passagem de luz e armazenada em geladeira até a inserção dos fotoiniciadores. A base para os três cimentos experimentais foi a mesma, ou seja, para cada embalagem de cimento contendo 3g foi inserido 0,6 g de sílica, 2,4 g de Blenda, 1,8 g de BisGMA e 0,6 g de TEGDMA.

A quantidade de fotoiniciador adicionado à resina base foi individualizada para cada cimento sendo: 0,4 mol % de CQ, 0,8 mol % de EDAB 0,4 mol % de DPIHFP, 1% mol de BAPO e 1% mol de TPO. Os cimentos foram fotoativados por 40 segundos com a ponta do aparelho LED (Bluephase G2, Ivoclar Vivadent, 1200 mW/cm², Barueri, SP, Brasil) para verificar a presa. Foram produzidas 3 g de cada material, que foi armazenado em embalagem comercial rotulada de acordo com o fotoiniciador.

4.2 Confeção dos Corpos-de-Prova

Para avaliação da estabilidade de cor, foram confeccionados corpos-de-prova (CPs) compostos por uma lâmina de 0,5 mm de espessura de vitrocerâmica reforçada por leucita (VL - IPS Empress

CAD HT, cor A1, Ivoclar Vivadent, Barueri, SP, Brasil) cimentada com os diferentes materiais resinosos sobre um fragmento de 1 mm de espessura de dente bovino (n=10).

Foram cortadas lâminas cerâmicas de 0,6 mm de espessura a partir de blocos para CAD/CAM de VL utilizando cortadeira metalográfica (Biopdi, São Carlos, SP, Brasil) com disco diamantado e sob constante refrigeração com água. Foi feito o acabamento das lâminas cerâmicas com lixas de carbeto de silício (#600, #800, #1000, #1200) com irrigação com água. Uma face foi polida com ponta de polimento (Ultra-Cerapol Lentilha PM, American Burrs, Palhoça, SC, Brasil) para polimento final e alto brilho (Figura 1). A espessura final da lâmina cerâmica foi de 0,5 mm, conferida com paquímetro digital (Absolute, Mitutoyo, Suzano, SP, Brasil).



Figura 1. Dente bovino e lâmina de cerâmica

Foram obtidos 60 dentes bovinos unirradiculares (incisivos) que foram limpos e desinfetados. A região do colo dental foi seccionada com disco diamantado (KG Sorensen, Cotia, SP, Brasil) para separar a coroa da raiz. Após, as faces vestibulares das coroas foram planificadas e

polidas com lixas de carbetto de silício (#200, #400, #600, #1000) com irrigação com água. Em seguida suas coroas foram seccionadas no sentido perpendicular ao longo eixo do dente, paralelo a face vestibular, em fatias de 1 mm de espessura, mantendo a integridade do esmalte e da dentina, com uma cortadeira metalográfica (Biopdi, São Carlos, SP, Brasil). O fragmento final foi composto de uma face de esmalte polida medindo 8 mm x 8 mm e as demais faces em dentina (Figura 1).

As lâminas de cerâmica foram cimentadas sobre os fragmentos de dente seguindo o protocolo indicado para cada tipo de material. Para todos grupos experimentais, a superfície vestibular em esmalte foi condicionada com ácido fosfórico por 30 segundos (Condac 37%, FGM, Joinville, SC, Brasil), lavada por 30 segundos com jatos de água e seca com leves jatos de ar. O sistema adesivo (Single Bond Universal, 3M Oral Care, Sumaré, SP, Brasil) foi aplicado de forma ativa sobre a superfície por 20 segundos e um leve jato de ar foi aplicado por 5 segundos. Não foi realizada a fotoativação, conforme instruções do fabricante.

A cerâmica foi tratada com ácido fluorídrico 10% (Condac Porcelana 10%, FGM, Joinville, SC, Brasil) por 30 segundos, seguido por lavagem com água por 60 segundos e secagem com jatos de ar. Em seguida o adesivo (Single Bond Universal, 3M, Sumaré, SP, Brasil) também foi aplicado no laminado cerâmico de forma ativa por 20 segundos seguido por aplicação de jato de ar por 5 segundos. Os materiais para cimentação foram colocados na face da lâmina cerâmica previamente tratada, que foi posicionada sobre a face de esmalte do fragmento dental. Foi utilizado um dispositivo de cimentação para padronizar a espessura da camada de cimento utilizando um peso de 750

gramas por 3 minutos. Os excessos foram removidos com microbrush (Cavibrush, FGM, Joinville, SC, Brasil) e a ponta do aparelho LED (Bluephase G2, Ivoclar Vivadent, 1200 mW/cm², Barueri, SP, Brasil) foi posicionada sobre a lâmina de cerâmica em angulação de 90 graus. O tempo de polimerização seguiu a indicação para cada cimento. O CP foi dividido em duas partes iguais, sendo realizada uma fotoativação em cada metade, uma na cervical e uma na incisal. Para o RXV foram 30 segundos na cervical e 30 segundos na incisal, totalizando 60 segundos por CP; para o NX3-d foram 10 segundos em cada parte, totalizando 20 segundos; para o NX3-f foram 20 segundos em cada parte, totalizando 40 segundos. Para os cimentos experimentais foram 20 segundos em cada parte, totalizando 40 segundos. Após a cimentação, todos os CPs foram armazenados por 24 horas em água destilada para então serem cortados em uma furadeira de bancada, tendo um diâmetro final de 6 mm (Figuras 2 e 3).



Figura 2. Corpo-de-prova final (frente).

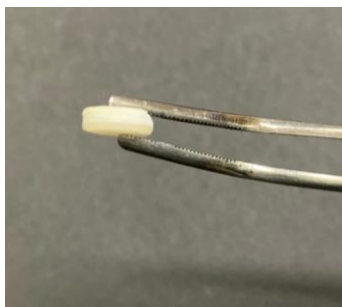


Figura 3. Corpo-de-prova final (lateral).

A face livre do fragmento dental, composta exclusivamente por dentina, foi selada com adesivo (Ambar APS, FGM, Joinville, SC, Brasil) para impermeabilização. A linha de cimentação foi protegida com fita adesiva para não ser recoberta com o adesivo e ficar exposta durante o envelhecimento com água. Após, todos os CPs foram armazenados em água destilada por 24 horas antes das avaliações de cor.

4.3 Avaliações de cor

As observações dos padrões ópticos foram obtidas a partir de um espectrofotômetro de bancada (Espectrofotômetro X-Rite Serie SP60 – 004767, Grand Rapids, MI 49512 United States). O espectrofotômetro foi calibrado conforme recomendações do fabricante. As avaliações foram realizadas com fundo branco ($L^*94,66$; $a^*-1,20$; $b^*-0,50$), preto ($L^*27,69$; $a^*0,21$; $b^*-0,49$) e cinza ($L^*57,91$; $a^*-2,90$; $b^*-6,59$). Os CPs de cada grupo experimental foram submetidos a avaliação das propriedades ópticas 48 horas (t_0 - inicial) e 45 dias (t_{45d}) após armazenamento em água destilada as 37° C numa estufa, sem interferência de luz.

A diferença de cor entre o tempo inicial e 45 dias de armazenamento foi calculada a partir da Equação 1 da métrica de cor CIEDE2000 (ΔE_{00}) (Paravina *et al.*, 2015). Para esta análise foi utilizado o fundo cinza.

$$\Delta E_{00} = \left[\left(\frac{\Delta L'}{K_L S_L} \right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{K_C S_C} \right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{K_H S_H} \right)^2 + R_T \left(\frac{\Delta C'}{K_C S_C} \right) \left(\frac{\Delta H'}{K_H S_H} \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

Equação 1

onde $\Delta L'$, $\Delta C'$ e $\Delta H'$ são as diferenças de luminosidade, croma e matiz para um par de amostras, e R_T é uma função (função de rotação) que representa a interação entre as diferenças de croma e matiz na região azul. As funções de ponderação (S_L , S_C , S_H) ajustam a diferença total de cor para a variação na localização da diferença de cor do par em coordenadas L' , a' e b' e os fatores paramétricos (K_L , K_C e K_H) são termos de correção para condições experimentais.

A equação de diferença de cor CIEDE2000 também foi utilizada para calcular o parâmetro de translucidez (TP_{00}) (Equação 2) (Salas *et al.*, 2018).

$$TP_{00} = \left[\left(\frac{L'_B - L'_W}{K_L S_L} \right)^2 + \left(\frac{C'_B - C'_W}{K_C S_C} \right)^2 + \left(\frac{H'_B - H'_W}{K_H S_H} \right)^2 + R_T \left(\frac{C'_B - C'_W}{K_C S_C} \right) \left(\frac{H'_B - H'_W}{K_H S_H} \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

Equação 2

onde as letras subscritas “B” e “W” são referentes à luminosidade (L'), croma (C') e matiz (H') dos CPs sobre um fundo preto e branco, respectivamente.

Valores mais altos de TP_{00} indicam CPs mais translúcidos. Os valores obtidos antes (t_0) e após envelhecimento (t_{45d}) foram utilizados para calcular a diferença no parâmetro de translucidez (ΔTP_{00}).

O índice de brancura para odontologia (WID: *whiteness index for dentistry*) baseado no CIELAB foi utilizado de acordo com a Equação 3 (Pérez *et al.*, 2016). Para esta análise foi utilizado o fundo preto.

$$WID = 0.511L^* - 2.324a^* - 1.100b^* \quad \text{Equação 3}$$

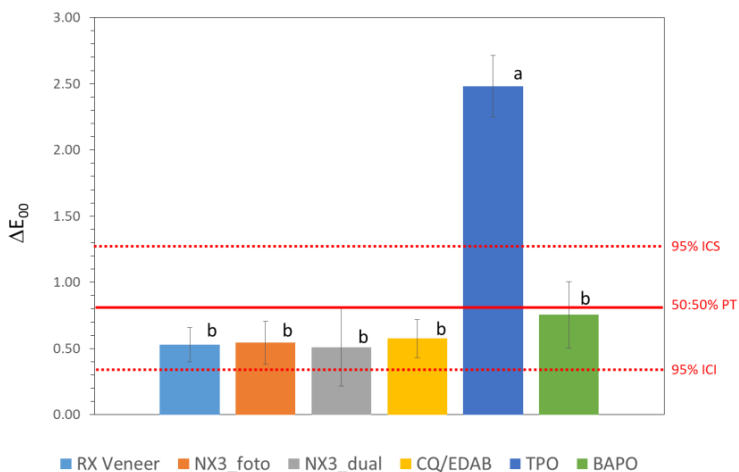
Valores WID mais altos indicam amostras mais brancas, enquanto valores mais baixos (incluindo valores negativos) indicam amostras mais escuras. Valores WID foram avaliados antes (t_0) e após envelhecimento (t_{45d}) obtendo a diferença no índice de brancura (ΔWID).

As diferenças de cor ΔE_{00} , translucidez ΔTP_{00} e brancura ΔWID foram analisadas através da comparação com os limiares de perceptibilidade ($PT_{00} = 0,81$; $WPT = 0,61$; $TPT = 0,62$) e de aceitabilidade ($AT_{00} = 1,77$; $WAT = 2,90$; $TAT = 2,62$) e seus respectivos intervalos de confiança de 95% (Paravina *et al.*, 2015; Pérez *et al.*, 2018; Salas *et al.*, 2018).

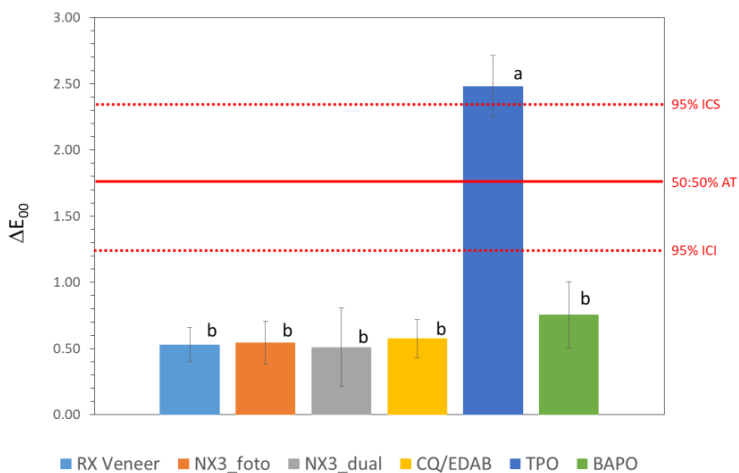
5. RESULTADOS

Os dados de ΔE_{00} falharam o teste de Normalidade de Shapiro Willk ($p < 0,05$) e foram analisados com os testes de Kruskal-Wallis e Dunn ($\alpha = 0,05$). Os dados de ΔE_{00} para os grupos experimentais estão apresentados na Figura 4. O grupo TPO apresentou o maior valor de ΔE_{00} , sugerindo menor estabilidade de cor após 45 dias de envelhecimento. Os demais grupos apresentaram valores menores, estatisticamente semelhantes entre si ($p > 0,05$).

Os limites de perceptibilidade (PT_{00}) e aceitabilidade (AT_{00}) para ΔE_{00} , e seus respectivos intervalos de confiança de 95%, encontram-se nas Figuras 4a e 4b, respectivamente. Observa-se, para o grupo TPO, que o valor de ΔE_{00} está acima do limite clinicamente aceitável. Já para os demais grupos, o valor médio de ΔE_{00} está abaixo do limite perceptível. Porém, os valores de ΔE_{00} desses grupos se sobrepõem ao intervalo de confiança de 95% de AT_{00} , o que sugere que algumas diferenças de cor poderiam ser perceptíveis ao olho humano.



(a)



(b)

Figura 4. Dados de média e intervalo de confiança de 95% (barra de erros) de ΔE_{00} para os grupos experimentais. (a) Gráfico com os valores de limite de perceptibilidade (PT) 50:50% e os intervalos de

confiança de 95% superior (ICS) e inferior (ICI). (b) Gráfico com os valores de limite de aceitabilidade (AT) 50:50% e os intervalos de confiança de 95% superior (ICS) e inferior (ICI).

Os dados de TP₀₀ passaram o teste de Normalidade de Shapiro-Willk ($p>0,05$) e foram analisados com ANOVA e teste de Tukey ($\alpha=0,05$) (Tabela 2).

Tabela 2. Valores de média (desvio padrão) de TP₀₀ mensurado no tempo inicial (t₀) e após 45 dias de envelhecimento (t_{45d}) para os grupos experimentais, e diferença de translucidez entre os tempos avaliados (Δ TP₀₀).

	Grupos					
	RXV	NX3-f	NX3-d	CQ/EDAB	TPO	BAPO
TP ₀₀ -	21,54	23,23	22,89	21,05 (1,55)	18,04	21,97
t ₀	(1,31) ab	(1,86) a	(1,94) ab	b	(1,14) c	(1,64) ab
TP ₀₀ -	21,95	24,23	23,63	20,71 (1,77)	20,73	22,52
t _{45d}	(1,09) ab	(2,03) a	(2,03) ab	b	(0,96) b	(3,87) ab
Δ TP ₀₀	0,41	1,00	0,74	-0,39 (0,76)	2,66	-0,83
	(0,75)	(0,57)	(0,51)		(0,77)	(1,48)

*Médias seguidas por letras iguais na mesma linha são estatisticamente semelhantes ($p>0,05$).

Houve diferença estatística entre os grupos experimentais para os valores de TP₀₀ obtidos em t₀ ($p<0,001$) e em t_{45d} ($p=0,002$). No geral, os grupos comerciais (RXV, NX3-f e NX3-d) e o grupo BAPO apresentaram maiores valores de TP₀₀, seguidos do grupo CQ/EDAB e TPO.

Quando a diferença de translucidez entre t_0 e t_{45d} foi analisada, observou-se maior valor de ΔTP_{00} para o grupo TPO, sendo superior ao TAT de 2,62, indicando um aumento de translucidez não aceitável clinicamente. Já os grupos RXV e CQ/EDAB apresentaram valores menores do que o limite TPT de 0,62, indicando diferenças não perceptíveis ao olho humano. Os demais cimentos resultaram em ΔTP_{00} perceptíveis, mas aceitáveis clinicamente. Valores de ΔTP_{00} positivos indicam aumento da translucidez com o envelhecimento e valores negativos indicam redução.

Na Figura 5 estão os dados de diferença de brancura entre t_0 e t_{45d} para os grupos experimentais. Os grupos RXV, NX3-f, NX3-d, CQ/EDAB e BAPO apresentam valores de ΔWID menores do que os limites de perceptibilidade. Já o grupo TPO apresenta uma diferença de brancura perceptível, mas aceitável clinicamente. Os CPs dos grupos RXV e BAPO ficaram mais brancos, enquanto os demais escureceram após 45 dias de envelhecimento.

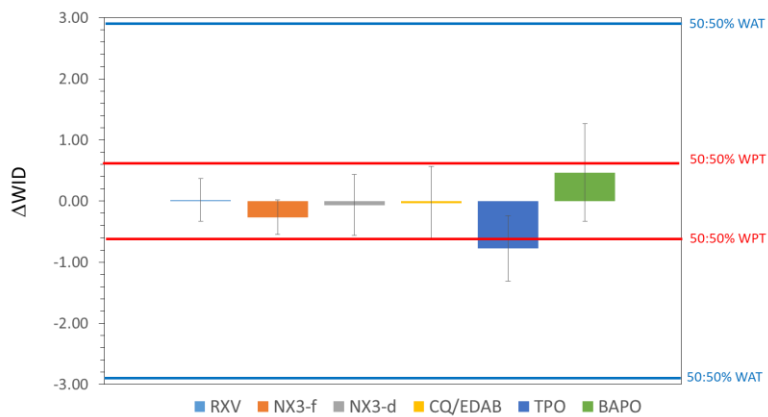


Figura 5. Valores de média de ΔWID para os grupos experimentais e intervalos de confiança de 95%. Limites de perceptibilidade (WPT) e aceitabilidade (WAT).

6. DISCUSSÃO

A aparência estética final de facetas cerâmicas é determinada pelo material restaurador, estrutura dentária subjacente e a cor e composição do agente de cimentação à base de resina (Perroni *et al.*, 2018). A estabilidade de cor a longo prazo é importante para a estética das restaurações indiretas e pode ser influenciada pela composição química dos cimentos resinosos, principalmente seu fotoiniciador (Kavut; Ugur, 2022). Assim, novos fotoiniciadores estão sendo testados, como óxido de fenilbis - fosfina (BAPO) e óxido de difenil fosfina (TPO), pois a literatura sugere que os compósitos com esses novos sistemas com quantidade de amina reduzida ou sem ela podem apresentar melhor estabilidade de cor e alto grau de conversão quando comparados aos que possuem canforoquinona (Alkurt; Duymus, 2018; Favarão *et al.*, 2021; Kowalska *et al.*, 2021).

A primeira hipótese do estudo foi rejeitada, já que os cimentos com canforoquinona avaliados no estudo (CQ/EDAB, NX3-f, NX3-d e RXV) apresentaram estabilidade de cor similar aos cimentos resinosos com novos fotoiniciadores (BAPO). Ainda, o cimento à base de TPO resultou em laminados com valores de diferença de cor não aceitáveis clinicamente após o envelhecimento de 45 dias. De acordo com Perroni *et al.* (2018), o agente de cimentação tem impacto significativo na cor final dos laminados cerâmicos. As alterações de cor a longo prazo podem ocorrer por fatores extrínsecos (tabagismo, bebida e alimentos) que dependem da taxa de absorção de água e rugosidade de superfície e

também por fatores intrínsecos que estão relacionados a estrutura química do cimento resinoso, como o tipo de fotoiniciador, modo de polimerização, carga e composição da matriz. Mudanças de temperatura e umidade no ambiente oral também levam à descoloração intrínseca (Alkurt; Duymus, 2018; Kavut; Ugur, 2022). Os resultados de Kavut; Ugur (2022) são semelhantes aos encontrados para os cimentos fotoativados NX3-f e RXV que apresentaram alteração de cor clinicamente aceitável após envelhecimento de 20.000 ciclos térmicos, porém, diferindo dos nossos resultados, Kavut; Ugur (2022) encontraram em NX3-d os maiores valores de ΔE_{00} quando comparado com os outros dois.

O grupo do novo fotoiniciador TPO resultou em laminados mais escuros após 45 dias de envelhecimento, sendo esta diferença perceptível ao olho humano, mas aceitável clinicamente. Por outro lado, os demais cimentos apresentaram diferença de brancura similar e dentro dos limites de perceptibilidade. Assim, a segunda hipótese do estudo foi rejeitada. A medição adequada da brancura, complementar a avaliação de cor, é importante tanto para a fabricação de novos materiais quanto para situações clínicas, dessa forma o WID superou os índices anteriores e foi validado em condições laboratoriais e clínicas experimentais, sendo o único índice baseado no CIELAB desenvolvido especificamente para avaliar brancura em odontologia (Pérez *et al.*, 2019). Degirmenci; Atala, (2020) testaram diferentes cimentos resinosos expostos a diferentes bebidas e encontraram valores de WID médio significativamente diferentes entre os cimentos. Uma das razões encontradas para esse resultado é a absorção de água, o cimento TheraCem apresentou menor estabilidade de cor e maior absorção de água quando comparado com os

outros cimentos estudados. Também encontrou que a inclusão de grupos monoméricos ácidos pode estar relacionada a alta hidrofiliidade e sorção de água e a alta acidez pode estar associada à quantidade de conversão de dupla ligação carbono-carbono ($C=C$). Quanto menor o grau de ligações $C=C$ restantes maior a mudança de cor dos polímeros, e a combinação de grupos monoméricos hidrofílicos e hidrofóbicos ácidos em uma única etapa diminui a conversão de ligações $C=C$ e, portanto, a permeabilidade do material adesivo aumenta.

A terceira hipótese do estudo foi rejeitada já que os cimentos resinosos com diferentes tipos de fotoiniciador resultaram em diferentes valores de translucidez. Os grupos dos cimentos comerciais RXV, NX3-f e NX3-d e o grupo BAPO apresentaram maiores valores de TP_{00} , enquanto os grupos CQ/EDAB e TPO se mostraram mais opacos. O grupo TPO também apresentou diferença de translucidez acima do aceitável clinicamente. Já os grupos RXV e CQ/EDAB apresentaram diferenças não perceptíveis ao olho humano, e os demais cimentos resultaram em diferenças perceptíveis, mas aceitáveis clinicamente.

Para simular da melhor forma e exposição clínica do agente cimentante, o presente estudo fez a cimentação dos laminados cerâmicos em dentes bovinos, deixando exposta apenas uma fina linha da cimentação e o corpo-de-prova ficou submerso em água destilada. Porém, Degirmenci; Atala, (2020), afirmam que em estudos in vitro as superfícies marginais das restaurações não sofrem com as forças de mastigação e escovação dos dentes, podendo causar alteração de cor nas superfícies rugosas.

Os cimentos com CQ (RXV, NX3-f, NX3-d e CQ/EDAB), apesar de possuir o seu composto amarelo e a amina como co-iniciador,

formando radicais livres e subprodutos que ao longo do tempo mudam de cor, apresentaram as mesmas diferenças de cor, clinicamente aceitáveis, que o cimento BAPO, com novos fotoiniciadores, sendo recomendados para cimentação de facetas (Brandt *et al.*, 2010; Delgado *et al.*, 2018; Favarão *et al.*, 2021). Bertolo *et al.* (2017), afirma que BAPO não requer um co-iniciador para a reação de polimerização, além de ser superior ao TPO e CQ na formação de radicais livres, BAPO tem capacidade de gerar quatro radicais livres por molécula, enquanto TPO pode gerar dois e CQ apenas um. Já os cimentos duais normalmente possuem o peróxido de benzoíla reagindo com aminas aromáticas e CQ reagindo com aminas alifáticas (Brandt *et al.*, 2010). Porém, segundo o fabricante, o cimento NX3-d não possui peróxido de benzoíla e é livre de aminas, o que pode justificar um cimento dual apresentar diferença de cor semelhante a cimentos fotoativados.

Quando falamos em translucidez, os cimentos com canforoquinona se mostraram abaixo do limiar de perceptibilidade e para brancura apenas a diferença de TPO foi perceptível, os cimentos RXV e BAPO tiveram mudanças não perceptíveis para mais branco. Assim, os cimentos com RXV e CQ/EDAB se mostraram com desempenho semelhante aos cimentos NX3-f, NX3-d e BAPO, não sendo recomendado o uso de TPO.

7. CONCLUSÕES

Os cimentos comerciais (RXV, NX3 foto e dual) e os materiais experimentais com CQ/EDAB e BAPO apresentaram estabilidade de cor semelhante e não perceptível após envelhecimento em água, bem como diferença de brancura e translucidez dentro do limite de aceitabilidade

clínica. Já o cimento como novo fotoiniciador TPO demonstrou alteração de cor e translucidez acima do limite de aceitabilidade, e também foi o único cimento a se apresentar acima no limite de perceptibilidade para diferença de brancura. Dessa forma, sugere-se que os cimentos RXV NX3-f, NX3-d, BAPO, e CQ/EDAB apresentam comportamento favorável para a cimentação de laminados cerâmicos.

REFERÊNCIAS

- ABREU, J. L. B.; SAMPAIO, C. S. JALKH, E. B. B.; HIRATA, R. Analysis of the color matching of universal resin composites in anterior restorations. *J Esthet Restor Dent.* v. 33, p. 269–276, 2020.
- ALBUQUERQUE, P. P. A. C.; MOREIRA, A. D. L.; MORAES, R. R.; CAVALCANTE, L. M.; SCHNEIDER, L. F. J. Color stability, conversion, water sorption and solubility of dental composites formulated with different photoinitiator systems. *Journal of dentistry*, v. 41 s, p. e 6 7 – e7 2, nov. 2013.
- ALKHUDHAIRY, F.; VOHRA, F.; NASEEM, M.; OWAIS, M. M.; BIN AMER, A. H.; ALMUTAIRI, K. B. Color stability and degree of conversion of a novel dibenzoyl germanium derivative containing photopolymerized resin luting cement. *Journal of Applied Biomaterials & Functional Materials*, v. 18, p. 1-7, mar. 2020.
- ALKURT, M.; DUYMUS, Z. Y. Comparison to Color Stability Between Amine with Benzoyl Peroxide Includes Resin Cement and Amine-reduced, Amine-free, Lacking of Benzoyl Peroxide Resin Cements After Thermocycle. *Journal of Advanced Oral Research*, v. 9, n. 1-2, p. 24-30, 2018.
- ALMEIDA, S. M.; MEEREIS, C. T. W.; LEAL, F. B.; CARVALHO, R. V.; BOEIRA, P. O.; CHISINI, L. A.; CUEVAS-SUÁREZ, C. E.; LIMA, G. S.; PIVA, E. Evaluation of alternative photoinitiator systems in two-step self-etch adhesive systems. *Dental Materials*, v. 36, n. 2, p. e29-e37, fev. 2019.
- ALMEIDA, J. R.; SCHMITT, G. U.; KAIZER, M. R.; BOSCATO, N.; MORAES, R. R. Resin-based luting agents and color stability of bonded ceramic veneers. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, v.114, n. 2, p. 272-275, ago. 2015.
- ATAY A.; PALAZLI Z.; GURDAL I.; UŞUMEZ A. Color Change of Different Dual-Cure Resin Cements After Thermocycling. *ODOVTOS-Int. J.Dental Sc.*, v. 21, n. 2, p. 53-62, may/ august, 2019.

BERTOLO, M. V. L.; MORAES, R. C. M.; PFEIFER, C.; SALGADO, V. E.; CORRER, A. R. C.; SCHENEIDER, L. F. J. Influence of photoinitiator system on physical-chemical properties of experimental self-adhesive composites. *Brazilian Dental Journal*, v. 28, n. 1, p. 35–39, 2017

BOSCATO, N.; HAUSCHILD, F. G.; KAIZER, M. R.; MORAES, R. R.; Effectiveness of Combination of Dentin and Enamel Layers on the Masking Ability of Porcelain. *Brazilian Dental Journal*, v. 26, n. 6, p. 654-659, 2015.

BRAGANÇA, G. F.; VIANNA, A. S.; NEVES, F. D.; PRICE, B. R.; SOARES, C. J. Effect of exposure time and moving the curing light on the degree of conversion and Knoop microhardness of light-cured resin cements. *Dental Materials*, v. 36, n. 11, p. 340-351, nov. 2020.

BRANDT, W. C.; SCHNEIDER, L. F. J.; FROLLINI, E.; SOBRINHO, L. C.; SINHORETI, M. A. C. Effect of different photo-initiators and light curing units on degree of conversion of composites. *Braz Oral Res.* v. 24, n.3, p.263-270, set. 2010.

COELHO, N. F.; BARBON, F. J.; MACHADO, R. G.; BOSCATO, N.; MORAES, R. R. Response of composite resins to preheating and the resulting strengthening of luted feldspar ceramic. *Dental Materials*, v. 35, n. 10, p. 1430-1438, out. 2019.

DAVARI, A.; DANESHKAZEMI, A.; BEHNIAFAR, B.; SHESHMANI, M. Effect of pre-heating on microtensile bond strength of composite resin to dentin. *Journal of Dentistry*, v. 11, n. 5, p. 569-575, set. 2014.

DEĞİRMENCİ, K.; ATALA, M. H. Farklı İçeceklerin Adheziv Rezın Simanların Renk Stabılıtesı ve Beyazlık Değeri Üzerine Etkısı. *Kocaeli Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, v. 6, n. 3, p. 238–244, 2020.

DELGADO, A. J.; CASTELLANOS, E. M.; SINHORETI, M.; OLIVEIRA, C. C.; ABDULHAMEED, N.; GERALDELI, S.; SULAIMAN, T. A.; ROLETA, J. F. The Use of Different Photoinitiator Systems in Photopolymerizing Resin Cements Through Ceramic Veneers. *Oper Dent*, v. 44, n. 4, p. 396-404, jul/ago 2019.

DE SOUZA, G.; BRAGA, R. R.; CESAR, P. F. LOPES, G. C. Correlation between clinical performance and degree of conversion of resin cements: a literature review. *Journal of Applied Oral Science*, v. 23, n. 4, p. 358- 368, jul-ago. 2015.

DOS SANTOS, R. B.; COLLARES, K.; BRANDEBURSKI, S. B.; PECHO, O. E.; DELLA BONA, A. Experimental methodologies to evaluate the masking ability of dental materials: A systematic review. *J Esthet Restor Dent.*, v.33, n.8, p. 1118-1131, dez. 2021.

FAVARÃO, J.; OLIVEIRA, D. C. R. S.; ZANINI, M. M.; ROCHA, M. G.; SOBRINHO, L. C.; SINHORETI, M. A. C. Effect of curing-light attenuation on color stability and physical and chemical properties of resin cements containing different photoinitiators. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, v. 113, jan. 2021.

FERRACANE, J. L.; STANSBURY, J. W.; BURKE, F. J. T. Self-adhesive resin cements – chemistry, properties and clinical considerations. *Journal of Oral Rehabilitation*, v. 38, n. 4, p. 295-314, abr. 2011.

FURUSE, A. Y.; SANTANA, L. O. C.; RIZZANTE, F. A. P.; ISHIKIRIAMA, S. K.; BOMBONATTI, J. F.; CORRER, G. M.; GONZAGA, C. C. Delayed Light Activation Improves Color Stability of Dual-Cured Resin Cements. *Journal of Prosthodontics*, v. 27, n. 5, p. 449-455, mai. 2016.

GUGELMIN, B. P.; MIGUEL, L. C. M.; FILHO, F. B.; CUNHA, L. F.; CORRER, G. M.; GONZAGA, C. C. Color stability of ceramic veneers

luted with resin cements and pre-heated composites: 12 months follow-up. *Brazilian Dental Journal*, v. 31, n. 1, p. 69-77, jan-fev. 2020.

HILL, E. E. Dental cements for definitive luting: A review and practical clinical considerations. *The dental clinics of North America*, v. 51, n. 3, p. 643-658, jul. 2007.

HILL, E. E.; LOTT, J. A clinically focused discussion of luting materials. *Australian Dental Journal*, v. 56, n.1, p. 67-76, jun. 2011.

IKEMURA, K.; ENDO, T. A review of the development of radical photopolymerization initiators used for designing light-curing dental adhesives and resin composites. *Dental Materials Journal*, v. 26, n. 5, p. 481-501, abr. 2010.

INOKOSHI, M.; PONGPRUEKSA, P.; MUNCK, J.; ZHANG, F.; VANMEENSEL, K.; MINAKUCHI, S.; VLEUGELS, J.; NAERT, I.; MEERBEEK, B. V. Influence of light irradiation through zirconia on the degree of conversion of composite cements. *The Journal of Adhesive Dentistry*, v. 18, n. 2, p. 161-171, fev. 2016.

International Organization for Standardization. ISO/TR 28642: *Dentistry—Guidance on Colour Measurement*. Geneva: International Organization for Standardization; 2016.

KAVUT, İ.; UĞUR, M. The effect of amine-free initiator system and polymerization type on long-term color stability of resin cements: an in-vitro study. *BMC Oral Health*, v. 22, n. 1, p. 1–7, 2022.

KOWALSKA, A.; SOKOLOWSKI, J.; BOCIONG, K. The Photoinitiators Used in Resin Based Dental Composite—A Review and Future Perspectives. *Polymers*, v. 470, n. 13, p. 3-17, fev. 2021.

LIMA, E.; SANTOS, R.; DURÃO, M.; NASCIMENTO, A.; BRAZ, R. Universal cements: dual activated and chemically activated. *Acta*

Biomaterialia Odontologica Scandinavica, v. 2, n. 1, p. 125-129, set. 2016.

LUO, W.; WESTLAND, S.; ELLWOOD, R.; PRETTY, I. CHEUNG, V. Development of a whiteness index for dentistry. *Journal of Dentistry*, v. 37, n. SUPPL. 1, p. 21–26, 2009.

MALYSA, A.; WEZGOWIEC, J.; WOJCIECH, S. O.; ZIETEK, F. M.; WIECKIEWICZ, M. Effect of Different Surface Treatment Methods on Bond Strength of Dental Ceramics to Dental Hard Tissues: A Systematic Review. *Molecules*, v. 26, n. 5, fev, 2021.

MANSO, A. P.; SILVA, N. R. F. A.; BONFANTE, E. A.; DIAS, R. A. Cements and adhesives for all-ceramic restorations. *The dental clinics of North America*, v. 55, n. 2, p. 311-332, abr. 2011.

MIOTTI, L. L.; FOLLAK, A. C.; MONTAGNER, A. F.; POZZOBON, R. T.; SILVEIRA, B. L.; SUSIN, A. H. Is conventional resin cement adhesive performance to dentin better than self-adhesive? A systematic review and meta-analysis of laboratory studies. *Operative Dentistry*, v. 45, n. 5, p. 484-495, set. 2020.

NAMORATTO, L. R.; FERREIRA, R. S.; LACERDA, R. A. V.; FILHO, H. R. S.; RITTO, F. P. Cimentação em cerâmicas: evolução dos procedimentos convencionais e adesivos. *Rev. bras. Odontol.*, v. 70, n. 2, p. 142-147, jul-dez. 2013.

PACHALY, R.; ZASSO, M. B.; SILVEIRA, M. B.; POZZOBON, R. T. Evaluation of Optical Properties of Different Restorative Composite Resins. *Revista da Faculdade de Odontologia de Porto Alegre*, v. 49, n. 3, p. 9–13, 2008.

PARAVINA, R. D.; GHINEA, R.; HERRERA, L. J.; DELLA BONA, A.; IGIEL, C.; LINNINGER, M.; SAKAI, M.; TAKAHASHI, H.; TASHKANDI, E.; PÉREZ, M. M. Color difference thresholds in dentistry. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, v. 27, n. S1, p. S1–S9, 2015.

PECHO, O. E.; PÉREZ, M. M.; GHINEA, R.; DELLA BONA, A. Lightness, chroma and hue differences on visual shade matching. *Dental Materials*, v. 32, p. 1362–1373, ago. 2016.

PEREZ, M. M.; GHINEA, R.; HERRERA, L. J.; IONESCU, A. M.; POMARES, H.; PULGAR, R.; PARAVINA, R. D. Dental ceramics: A CIEDE2000 acceptability thresholds for lightness, chroma and hue differences. *Journal of dentistry*, v. 39 s, p. e37–e44, set. 2011.

PÉREZ, M. M.; GHINEA, R.; RIVAS, M. J.; YEBRA, A.; IONESCU, A. M.; PARAVINA, R. D.; HERRERA, L. J. Development of a customized whiteness index for dentistry based on CIELAB color space. *Dental Materials*, v. 32, n. 3, p. 461–467, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2015.12.008>.

PÉREZ, M. M.; PECHO, O. E.; GHINEA, R.; PULGAR, R.; DELLA BONA, A. Recent Advances in Color and Whiteness Evaluations in Dentistry. *Current Dentistry*, v. 1, n. 1, p. 23–29, 2018.

PÉREZ, M. M.; HERRERA, L. J.; CARRILLO, F.; PECHO, O. E.; DUDEA, D.; GASPARIK, C.; GHINEA, R.; DELLA BONA, A. Whiteness difference thresholds in dentistry. *Dental Materials*, v. 35, n. 2, p. 292–297, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2018.11.022>.

PERRONI, A. P.; KAIZER, M. R.; DELLA BONA, A.; MORAES, R. R.; BOSCATO, N. Influence of light-cured luting agents and associated factors on the color of ceramic laminate veneers: A systematic review of *in vitro* studies. *Dental Materials*, v. 34, n. 11, p. 1610–1624, ago. 2018.

PEUTZFELDT, A.; SAHAFI, A.; FLURY, S. Bonding of restorative materials to dentin with various luting agents. *Operative Dentistry*, v.36, n.3, p. 266-273, mai-jun. 2011.

POLO, C. G.; MONTERO, J.; POLO, M. G.; CASADO, A. M. Comparison of the CIE Lab and CIEDE 2000 Color Difference Formulas on Gingival Color Space. *Journal of Prosthodontics*, v. 29, p. 401–408, jul. 2017

REIS, B. O.; GODAS, A. G. L.; SUZUKI, T. Y. U.; TOZZI, T. C. F.; BRISO, A. L.F.; SANTOS, P. H. Do different pretreatments of dentine surface affect the bond strength whit a self-adhesive resin cement. *Oral Health and Preventive Dentistry*, v.18, n. 2, p. 145-152, out. 2018.

SALAS, M.; LUCENA, C.; HERRERA, L. J.; YEBRA, A.; DELLA BONA, A.; PÉREZ, M. M. Translucency thresholds for dental materials. *Dental Materials*, v. 34, n. 8, p. 1168–1174, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2018.05.001>.

XIA, H.; XIONG, F. Clinical threshold of the translucency parameter of maxillary central incisors. *Dental Materials Journal*, v. 40, n. 2, p. 547–551, 2021.

ARTIGO A SER SUBMETIDO

ESTABILIDADE DE COR DE LAMINADOS CERÂMICOS: EFEITO DO TIPO DE FOTOINICIADOR DO CIMENTO RESINOSO

Autores: Clarissa Dias Reder, Márcia Borba, Nathalia Suzin, Giana Lima, Julia Facenda.

Revista: Journal of Esthetic and Restorative Dentistry

Objective: to evaluate the effect of photoinitiators, in resin cements, on the color stability of ceramic laminates aged in water. **Materials and methods:** six resin cements were evaluated: RelyX Veneer, NX3 Nexus light-cure and dual, CQ/EDAB, BAPO and TPO. The specimens were composed of ceramic cemented on a tooth fragment (n=10). Color analysis was performed with a spectrophotometer using the CIEDE2000 metric after 48 hours and 45 days of aging. Differences in color, whiteness and translucency were compared with perceptibility and acceptability thresholds and their respective 95% confidence intervals. The degree of conversion was assessed using FTIR and the data analyzed with ANOVA ($\alpha=0.05$). **Results:** For ΔE_{00} , the TPO group obtained the highest value, being above AT_{00} , while the others were below PT_{00} . The TPO group also showed ΔTP_{00} values above AT. For ΔWID , the RXV, NX3-f, NX3-d, CQ/EDAB and BAPO groups have lower ΔWID values than PT. The TPO group, on the other hand, presents a difference in clinically acceptable whiteness. **Conclusion:** The RXV, NX3-f, NX3-d, CQ/EDAB and BAPO cements showed similar color stability and may be indicated for cementation of ceramic laminates.

Key words: Resin cement, ceramics, aging, color, dental esthetics

Significado clínico: A estabilidade de cor dos materiais de cimentação tem grande influência na cor final das restaurações indiretas e para resultados estéticos de longo prazo, este é um fator importante. Os cimentos resinosos tornaram-se populares pela sua capacidade de união do dente com a restauração e a sua composição química, principalmente seus fotoiniciador, influencia na sua estabilidade de cor.

ESTABILIDADE DE COR DE LAMINADOS CERÂMICOS: EFEITO DO TIPO DE FOTOINICIADOR DO CIMENTO RESINOSO

Clarissa Dias Reder, Programa de pós graduação em odontologia,
Universidade de Passo Fundo – UPF, Passo Fundo – RS

Márcia Borba, Programa de pós graduação em odontologia,
Universidade de Passo Fundo – UPF, Passo Fundo – RS

Nathalia Suzin, Faculdade de odontologia, Universidade de Passo
Fundo – UPF, Passo Fundo – RS

Giana Lima, Programa de pós graduação em odontologia,
Universidade Federal de Pelotas, UFPel, Pelotas - RS

Julia Facenda, Faculdade de odontologia, Universidade Federal
de Pelotas, UFPel, Pelotas - RS

Autor correspondente: Márcia Borba, Faculdade de odontologia –
UPF, São José, Passo Fundo - RS, 99042-800, (54) 3316-8402,
marcia_borb@hotmail.com

Declaração de divulgação e agradecimentos: Agradecimento aos
laboratórios CDC-Bio e Lacopol da Universidade Federal de Pelotas
onde os testes foram desenvolvidos os cimentos experimentais e
realizados. Os autores não têm nenhum interesse financeiro nas empresas
cujos materiais estão incluídos neste artigo.

INTRODUÇÃO

A função de um agente cimentante é manter a restauração indireta em posição, pelo tempo necessário, preenchendo o espaço entre ela e o dente, sendo uma etapa fundamental que está sempre em aprimoramento (1,2). Assim, a composição dos cimentos resinosos é parecida com a das resinas compostas, porém, estes possuem uma menor quantidade de partículas de carga (3). A estabilidade de cor dos materiais de cimentação tem grande influência na cor final das restaurações indiretas e para resultados estéticos de longo prazo este é um fator importante (4,5).

De acordo com um estudo anterior (6), nos cimentos quimicamente ativados e duais, a oxidação do grupo amina é a responsável pela alteração de cor ao longo do tempo. O cimento resinoso fotoativado tem como vantagem a estabilidade de cor e a indicação para cimentação de restaurações cerâmicas e de resina composta, desde que as mesmas apresentem espessura suficiente para transmitir luz para a polimerização do material (4,7,8,9,10).

A canforoquinona (CQ) é um composto amarelo e sólido presente nos cimentos resinosos, sendo o sistema iniciador mais comum (11,12,13). Para que ocorra a reação de fotopolimerização um co-iniciador reage com a CQ, o mais comumente associado é o etil – dimetilamino benzoato (EDAB), pertencente ao grupo das aminas terciárias, juntos aceleram o processo de polimerização, porém formam radicais livres que quando entram em contato com o oxigênio afetam a estabilidade de cor do cimento (11,12,13,14,15). Também, caso o grau de conversão atingido não seja o suficiente as

propriedades físicas e mecânicas da restauração podem ser reduzidas (16).

Assim, os fabricantes tem desenvolvido sistemas de iniciação que possam substituir ou agir em conjunto com a CQ e as aminas como: o óxido de fenilbis-fosfina (BAPO), o óxido de difenil-fosfina (TPO) e o dibenzoil germânio (Ivocerin) (15,17,18,19). Mesmo sem um co-iniciador, estes sistemas podem possuir o grau de conversão igual, ou maior, quando comparado com o sistema CQ/EDAB (14,17,20).

Quando comparados os fotoiniciadores BAPO e TPO com CQ com amina, a melhor estabilidade de cor foi apresentada por TPO que possui um coeficiente de extinção molar maior que BAPO (21). Outro estudo (15) também testou cimentos resinosos isentos de amina, como o NX3 (Kerr), e mostraram que este cimento tem adequada estabilidade de cor e pouca descoloração. Dessa forma, cimentos resinosos que contém esses novo fotoiniciadores são recomendados para cimentação de restaurações com pouca espessura em áreas estéticas (22).

Em uma revisão de literatura (4) foi encontrado que a tonalidade da cerâmica tem influência, após envelhecimento, na descoloração das cerâmicas cimentadas, sendo que nas cerâmicas translúcidas ou de croma claro foi encontrada maior média de alteração de cor quando comparadas com cerâmicas opacas ou de croma escuro. Foram encontradas diferenças entre estudos que analisaram as cerâmicas cimentadas em esmalte, em substrato de polímero ou apenas o cimento, o que pode ser explicado pela área de

superfície do agente cimentante exposta ao envelhecimento. Portanto, apenas uma linha fina do agente cimentante entre a faceta e o substrato deve ser exposta ao envelhecimento, para que a dinâmica de eluição e degradação dos componentes não seja afetada nem altere a mudança de cor, simulando da melhor forma a exposição clínica de facetas cimentadas em boca.

Desta forma o presente estudo tem como objetivo avaliar o efeito de diferentes sistemas de iniciação da polimerização, em materiais resinosos para cimentação, na estabilidade de cor de laminados cerâmicos submetidos ao envelhecimento em água. Serão testadas as hipóteses de que os cimentos resinosos com os novos fotoiniciadores tem (H₁) melhor estabilidade de cor e (H₂) menor diferença de brancura após envelhecimento do que os cimentos com canforoquinona; e que (H₃) cimentos resinosos com diferentes tipos de fotoiniciador apresentam translucidez semelhante.

MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Grupos Experimentais

Foram avaliados seis cimentos indicados para cimentação de laminados cerâmicos, sendo três comerciais e três experimentais. Entre os cimentos comerciais foram selecionados: (RXV) cimento resinoso fotoativado RelyX Veneer (3M Oral Care, Sumaré, SP, Brasil), por já estar consolidado como material para cimentação de facetas e possuir canforoquinona como fotoiniciador, (NX3-f) cimento resinoso fotoativado e (NX3-d) cimento resinoso dual NX3 Nexus (Kerr, Moema, SP, Brasil), que possuem sistema de iniciação com amina redox e livre

de peróxido de benzoíla. Três materiais resinosos experimentais foram desenvolvidos em conjunto com a Universidade Federal de Pelotas (UFPel), compostos pelos novos fotoiniciadores BAPO e TPO, e um grupo controle com canforoquinona (CQ/EDAB). A descrição dos grupos experimentais e materiais utilizados encontram-se na Tabela 1.

Os cimentos experimentais foram desenvolvidos de acordo com a seguinte metodologia. A sílica foi recoberta com 1 g de silano, após foi adicionado acetona à mistura e, colocado em um agitador magnético (700 rpm) na capela (RCT basic, IKA, Staufen, Alemanha) para ocorrer a evaporação da acetona. Após, a sílica ficou na estufa a 37° durante 24 horas e foi peneirada com peneira manual. Na resina base Blenda foram adicionados os monômeros TEGDMA e BisGMA, além da sílica. Cada ingrediente adicionado foi pesado em balança de precisão (AUW-D Series, Shimadzu, Barueri, SP, Brasil). A medida que cada componente era inserido, era então realizada uma mistura de forma manual por 1 min e, após, era inserido na centrífuga (K14-4000, KASVI, São José dos Pinhais, PR, Brasil) por 2 minutos. Essa mistura foi colocada em embalagens envoltas em papel alumínio para que não permitisse passagem de luz e armazenada em geladeira até a inserção dos fotoiniciadores. A base para os três cimentos experimentais foi a mesma, ou seja, para cada embalagem de cimento contendo 3g foi inserido 0,6 g de sílica, 2,4 g de Blenda, 1,8 g de BisGMA e 0,6 g de TEGDMA.

A quantidade de fotoiniciador adicionado à resina base foi individualizada para cada cimento sendo: 0,4 mol % de CQ, 0,8 mol % de EDAB 0,4 mol % de DPIHFP, 1% mol de BAPO e 1% mol de TPO. Os cimentos foram fotoativados por 40 segundos com a ponta do aparelho LED (Bluephase G2, Ivoclar Vivadent, 1200 mW/cm², Barueri,

SP, Brasil) para verificar a presa. Foram produzidas 3 g de cada material, que foi armazenado em embalagem comercial rotulada de acordo com o fotoiniciador.

4.2 Confecção dos Corpos-de-Prova

Para avaliação da estabilidade de cor, foram confeccionados corpos-de-prova (CPs) compostos por uma lâmina de 0,5 mm de espessura de vitrocerâmica reforçada por leucita (VL - IPS Empress CAD HT, cor A1, Ivoclar Vivadent, Barueri, SP, Brasil) cimentada com os diferentes materiais resinosos sobre um fragmento de 1 mm de espessura de dente bovino (n=10).

Foram cortadas lâminas cerâmicas de 0,6 mm de espessura a partir de blocos para CAD/CAM de VL utilizando cortadeira metalográfica (Biopdi, São Carlos, SP, Brasil) com disco diamantado e sob constante refrigeração com água. Foi feito o acabamento das lâminas cerâmicas com lixas de carbetto de silício (#600, #800, #1000, #1200) com irrigação com água. Uma face foi polida com ponta de polimento (Ultra-Cerapol Lentilha PM, American Burrs, Palhoça, SC, Brasil) para polimento final e alto brilho (Figura 1). A espessura final da lâmina cerâmica foi de 0,5 mm, conferida com paquímetro digital (Absolute, Mitutoyo, Suzano, SP, Brasil).

Foram obtidos 60 dentes bovinos unirradiculares (incisivos) que foram limpos e desinfectados. A região do colo dental foi seccionada com disco diamantado (KG Sorensen, Cotia, SP, Brasil) para separar a coroa da raiz. Após, as faces vestibulares das coroas foram planificadas e polidas com lixas de carbetto de silício (#200, #400, #600, #1000) com irrigação com água. Em seguida suas coroas foram seccionadas no sentido

perpendicular ao longo eixo do dente, paralelo a face vestibular, em fatias de 1 mm de espessura, mantendo a integridade do esmalte e da dentina, com uma cortadeira metalográfica (Biopdi, São Carlos, SP, Brasil). O fragmento final foi composto de uma face de esmalte polida medindo 8 mm x 8 mm e as demais faces em dentina (Figura 1).

As lâminas de cerâmica foram cimentadas sobre os fragmentos de dente seguindo o protocolo indicado para cada tipo de material. Para todos grupos experimentais, a superfície vestibular em esmalte foi condicionada com ácido fosfórico por 30 segundos (Condac 37%, FGM, Joinville, SC, Brasil), lavada por 30 segundos com jatos de água e seca com leves jatos de ar. O sistema adesivo (Single Bond Universal, 3M Oral Care, Sumaré, SP, Brasil) foi aplicado de forma ativa sobre a superfície por 20 segundos e um leve jato de ar foi aplicado por 5 segundos. Não foi realizada a fotoativação, conforme instruções do fabricante.

A cerâmica foi tratada com ácido fluorídrico 10% (Condac Porcelana 10%, FGM, Joinville, SC, Brasil) por 30 segundos, seguido por lavagem com água por 60 segundos e secagem com jatos de ar. Em seguida o adesivo (Single Bond Universal, 3M, Sumaré, SP, Brasil) também foi aplicado no laminado cerâmico de forma ativa por 20 segundos seguido por aplicação de jato de ar por 5 segundos. Os materiais para cimentação foram colocados na face da lâmina cerâmica previamente tratada, que foi posicionada sobre a face de esmalte do fragmento dental. Foi utilizado um dispositivo de cimentação para padronizar a espessura da camada de cimento utilizando um peso de 750 gramas por 3 minutos. Os excessos foram removidos com microbrush (Cavibrush, FGM, Joinville, SC, Brasil) e a ponta do aparelho LED

(Bluephase G2, Ivoclar Vivadent, 1200 mW/cm², Barueri, SP, Brasil) foi posicionada sobre a lâmina de cerâmica em angulação de 90 graus. O tempo de polimerização seguiu a indicação para cada cimento. O CP foi dividido em duas partes iguais, sendo realizada uma fotoativação em cada metade, uma na cervical e uma na incisal. Para o RXV foram 30 segundos na cervical e 30 segundos na incisal, totalizando 60 segundos por CP; para o NX3-d foram 10 segundos em cada parte, totalizando 20 segundos; para o NX3-f foram 20 segundos em cada parte, totalizando 40 segundos. Para os cimentos experimentais foram 20 segundos em cada parte, totalizando 40 segundos. Após a cimentação, todos os CPs foram armazenados por 24 horas em água destilada para então serem cortados em uma furadeira de bancada, tendo um diâmetro final de 6 mm (Figuras 2 e 3).

A face livre do fragmento dental, composta exclusivamente por dentina, foi selada com adesivo (Ambar APS, FGM, Joinville, SC, Brasil) para impermeabilização. A linha de cimentação foi protegida com fita adesiva para não ser recoberta com o adesivo e ficar exposta durante o envelhecimento com água. Após, todos os CPs foram armazenados em água destilada por 24 horas antes das avaliações de cor.

4.3 Avaliações de cor

As observações dos padrões ópticos foram obtidas a partir de um espectrofotômetro de bancada (Espectrofotômetro X-Rite Serie SP60 – 004767, Grand Rapids, MI 49512 United States). O espectrofotômetro foi calibrado conforme recomendações do fabricante. As avaliações foram realizadas com fundo branco (L*94,66; a*-1,20; b*-0,50), preto (L*27,69; a*0,21; b*-0,49) e cinza (L*57,91; a*-2,90; b*-6,59). Os CPs

de cada grupo experimental foram submetidos a avaliação das propriedades ópticas 48 horas (t_0 - inicial) e 45 dias (t_{45d}) após armazenamento em água destilada as 37° C numa estufa, sem interferência de luz.

A diferença de cor entre o tempo inicial e 45 dias de armazenamento foi calculada a partir da Equação 1 da métrica de cor CIEDE2000 (ΔE_{00}) (Paravina *et al.*, 2015). Para esta análise foi utilizado o fundo cinza.

$$\Delta E_{00} = \left[\left(\frac{\Delta L'}{K_L S_L} \right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{K_C S_C} \right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{K_H S_H} \right)^2 + R_T \left(\frac{\Delta C'}{K_C S_C} \right) \left(\frac{\Delta H'}{K_H S_H} \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

Equação 1

onde $\Delta L'$, $\Delta C'$ e $\Delta H'$ são as diferenças de luminosidade, croma e matiz para um par de amostras, e R_T é uma função (função de rotação) que representa a interação entre as diferenças de croma e matiz na região azul. As funções de ponderação (S_L , S_C , S_H) ajustam a diferença total de cor para a variação na localização da diferença de cor do par em coordenadas L' , a' e b' e os fatores paramétricos (K_L , K_C e K_H) são termos de correção para condições experimentais.

A equação de diferença de cor CIEDE2000 também foi utilizada para calcular o parâmetro de translucidez (TP_{00}) (Equação 2) (Salas *et al.*, 2018).

$$TP_{00} = \left[\left(\frac{L'_B - L'_W}{K_L S_L} \right)^2 + \left(\frac{C'_B - C'_W}{K_C S_C} \right)^2 + \left(\frac{H'_B - H'_W}{K_H S_H} \right)^2 + R_T \left(\frac{C'_B - C'_W}{K_C S_C} \right) \left(\frac{H'_B - H'_W}{K_H S_H} \right) \right]^{1/2} \quad \text{Equação 2}$$

onde as letras subscritas “B” e “W” são referentes à luminosidade (L’), croma (C’) e matiz (H’) dos CPs sobre um fundo preto e branco, respectivamente.

Valores mais altos de TP_{00} indicam CPs mais translúcidos. Os valores obtidos antes (t_0) e após envelhecimento (t_{45d}) foram utilizados para calcular a diferença no parâmetro de translucidez (ΔTP_{00}).

O índice de brancura para odontologia (WID: *whiteness index for dentistry*) baseado no CIELAB foi utilizado de acordo com a Equação 3 (Pérez *et al.*, 2016). Para esta análise foi utilizado o fundo preto.

$$WID = 0.511L^* - 2.324a^* - 1.100b^* \quad \text{Equação 3}$$

Valores WID mais altos indicam amostras mais brancas, enquanto valores mais baixos (incluindo valores negativos) indicam amostras mais escuras. Valores WID foram avaliados antes (t_0) e após envelhecimento (t_{45d}) obtendo a diferença no índice de brancura (ΔWID).

As diferenças de cor ΔE_{00} , translucidez ΔTP_{00} e brancura ΔWID foram analisadas através da comparação com os limiares de perceptibilidade ($PT_{00} = 0,81$; $WPT = 0,61$; $TPT = 0,62$) e de aceitabilidade ($AT_{00} = 1,77$; $WAT = 2,90$; $TAT = 2,62$) e seus respectivos intervalos de confiança de 95% (Paravina *et al.*, 2015; Pérez *et al.*, 2018; Salas *et al.*, 2018).

RESULTADOS

Os dados de ΔE_{00} falharam o teste de Normalidade de Shapiro Willk ($p < 0,05$) e foram analisados com os testes de Kruskal-Wallis e Dunn ($\alpha = 0,05$). Os dados de ΔE_{00} para os grupos experimentais estão apresentados na Figura 4. O grupo TPO apresentou o maior valor de ΔE_{00} , sugerindo menor estabilidade de cor após 45 dias de envelhecimento. Os demais grupos apresentaram valores menores, estatisticamente semelhantes entre si ($p > 0,05$).

Os limites de perceptibilidade (PT_{00}) e aceitabilidade (AT_{00}) para ΔE_{00} , e seus respectivos intervalos de confiança de 95%, encontram-se nas Figuras 4a e 4b, respectivamente. Observa-se, para o grupo TPO, que o valor de ΔE_{00} está acima do limite clinicamente aceitável. Já para os demais grupos, o valor médio de ΔE_{00} está abaixo do limite perceptível. Porém, os valores de ΔE_{00} desses grupos se sobrepõem ao intervalo de confiança de 95% de AT_{00} , o que sugere que algumas diferenças de cor poderiam ser perceptíveis ao olho humano.

Os dados de TP_{00} passaram o teste de Normalidade de Shapiro-Willk ($p > 0,05$) e foram analisados com ANOVA e teste de Tukey ($\alpha = 0,05$) (Tabela 2).

Houve diferença estatística entre os grupos experimentais para os valores de TP_{00} obtidos em t_0 ($p < 0,001$) e em t_{45d} ($p = 0,002$). No geral, os grupos comerciais (RXV, NX3-f e NX3-d) e o grupo BAPO apresentaram maiores valores de TP_{00} , seguidos do grupo CQ/EDAB e TPO.

Quando a diferença de translucidez entre t_0 e t_{45d} foi analisada, observou-se maior valor de ΔTP_{00} para o grupo TPO, sendo superior ao

TAT de 2,62, indicando um aumento de translucidez não aceitável clinicamente. Já os grupos RXV e CQ/EDAB apresentaram valores menores do que o limite TPT de 0,62, indicando diferenças não perceptíveis ao olho humano. Os demais cimentos resultaram em ΔTP_{00} perceptíveis, mas aceitáveis clinicamente. Valores de ΔTP_{00} positivos indicam aumento da translucidez com o envelhecimento e valores negativos indicam redução.

Na Figura 5 estão os dados de diferença de brancura entre t_0 e t_{45d} para os grupos experimentais. Os grupos RXV, NX3-f, NX3-d, CQ/EDAB e BAPO apresentam valores de ΔWID menores do que os limites de perceptibilidade. Já o grupo TPO apresenta uma diferença de brancura perceptível, mas aceitável clinicamente. Os CPs dos grupos RXV e BAPO ficaram mais brancos, enquanto os demais escureceram após 45 dias de envelhecimento.

DISCUSSÃO

A aparência estética final de facetas cerâmicas é determinada pelo material restaurador, estrutura dentária subjacente e a cor e composição do agente de cimentação à base de resina (Perroni *et al.*, 2018). A estabilidade de cor a longo prazo é importante para a estética das restaurações indiretas e pode ser influenciada pela composição química dos cimentos resinosos, principalmente seu fotoiniciador (Kavut; Ugur, 2022). Assim, novos fotoiniciadores estão sendo testados, como óxido de fenilbis - fosfina (BAPO) e óxido de difenil fosfina (TPO), pois a literatura sugere que os compósitos com esses novos sistemas com quantidade de amina reduzida ou sem ela podem

apresentar melhor estabilidade de cor e alto grau de conversão quando comparados aos que possuem canforoquinona (Alkurt; Duymus, 2018; Favarão *et al.*, 2021; Kowalska *et al.*, 2021).

A primeira hipótese do estudo foi rejeitada, já que os cimentos com canforoquinona avaliados no estudo (CQ/EDAB, NX3-f, NX3-d e RXV) apresentaram estabilidade de cor similar aos cimentos resinosos com novos fotoiniciadores (BAPO). Ainda, o cimento à base de TPO resultou em laminados com valores de diferença de cor não aceitáveis clinicamente após o envelhecimento de 45 dias. De acordo com Perroni *et al.* (2018), o agente de cimentação tem impacto significativo na cor final dos laminados cerâmicos. As alterações de cor a longo prazo podem ocorrer por fatores extrínsecos (tabagismo, bebida e alimentos) que dependem da taxa de absorção de água e rugosidade de superfície e também por fatores intrínsecos que estão relacionados a estrutura química do cimento resinoso, como o tipo de fotoiniciador, modo de polimerização, carga e composição da matriz. Mudanças de temperatura e umidade no ambiente oral também levam à descoloração intrínseca (Alkurt; Duymus, 2018; Kavut; Ugur, 2022). Os resultados de Kavut; Ugur (2022) são semelhantes aos encontrados para os cimentos fotoativados NX3-f e RXV que apresentaram alteração de cor clinicamente aceitável após envelhecimento de 20.000 ciclos térmicos, porém, diferindo dos nossos resultados, Kavut; Ugur (2022) encontraram em NX3-d os maiores valores de ΔE_{00} quando comparado com os outros dois.

O grupo do novo fotoiniciador TPO resultou em laminados mais escuros após 45 dias de envelhecimento, sendo esta diferença perceptível ao olho humano, mas aceitável clinicamente. Por outro lado,

os demais cimentos apresentaram diferença de brancura similar e dentro dos limites de perceptibilidade. Assim, a segunda hipótese do estudo foi rejeitada. A medição adequada da brancura, complementar a avaliação de cor, é importante tanto para a fabricação de novos materiais quanto para situações clínicas, dessa forma o WID superou os índices anteriores e foi validado em condições laboratoriais e clínicas experimentais, sendo o único índice baseado no CIELAB desenvolvido especificamente para avaliar brancura em odontologia (Pérez *et al.*, 2019). Degirmenci; Atala, (2020) testaram diferentes cimentos resinosos expostos a diferentes bebidas e encontraram valores de WID médio significativamente diferentes entre os cimentos. Uma das razões encontradas para esse resultado é a absorção de água, o cimento TheraCem apresentou menor estabilidade de cor e maior absorção de água quando comparado com os outros cimentos estudados. Também encontrou que a inclusão de grupos monoméricos ácidos pode estar relacionada a alta hidrofiliidade e sorção de água e a alta acidez pode estar associada à quantidade de conversão de dupla ligação carbono-carbono (C=C). Quanto menor o grau de ligações C=C restantes maior a mudança de cor dos polímeros, e a combinação de grupos monoméricos hidrofílicos e hidrofóbicos ácidos em uma única etapa diminui a conversão de ligações C=C e, portanto, a permeabilidade do material adesivo aumenta.

A terceira hipótese do estudo foi rejeitada já que os cimentos resinosos com diferentes tipos de fotoiniciador resultaram em diferentes valores de translucidez. Os grupos dos cimentos comerciais RXV, NX3-f e NX3-d e o grupo BAPO apresentaram maiores valores de TP₀₀, enquanto os grupos CQ/EDAB e TPO se mostraram mais opacos. O grupo TPO também apresentou diferença de translucidez acima do

aceitável clinicamente. Já os grupos RXV e CQ/EDAB apresentaram diferenças não perceptíveis ao olho humano, e os demais cimentos resultaram em diferenças perceptíveis, mas aceitáveis clinicamente.

Para simular da melhor forma e exposição clínica do agente cimentante, o presente estudo fez a cimentação dos laminados cerâmicos em dentes bovinos, deixando exposta apenas uma fina linha da cimentação e o corpo-de-prova ficou submerso em água destilada. Porém, Degirmenci; Atala, (2020), afirmam que em estudos *in vitro* as superfícies marginais das restaurações não sofrem com as forças de mastigação e escovação dos dentes, podendo causar alteração de cor nas superfícies rugosas.

Os cimentos com CQ (RXV, NX3-f, NX3-d e CQ/EDAB), apesar de possuir o seu composto amarelo e a amina como co-iniciador, formando radicais livres e subprodutos que ao longo do tempo mudam de cor, apresentaram as mesmas diferenças de cor, clinicamente aceitáveis, que o cimento BAPO, com novos fotoiniciadores, sendo recomendados para cimentação de facetas (Brandt *et al.*, 2010; Delgado *et al.*, 2018; Favarão *et al.*, 2021). Bertolo *et al.* (2017), afirma que BAPO não requer um co-iniciador para a reação de polimerização, além de ser superior ao TPO e CQ na formação de radicais livres, BAPO tem capacidade de gerar quatro radicais livres por molécula, enquanto TPO pode gerar dois e CQ apenas um. Já os cimentos duais normalmente possuem o peróxido de benzoila reagindo com aminas aromáticas e CQ reagindo com aminas alifáticas (Brandt *et al.*, 2010). Porém, segundo o fabricante, o cimento NX3-d não possui peróxido de benzoila e é livre de aminas, o que pode justificar um cimento dual apresentar diferença de cor semelhante a cimentos fotoativados.

Quando falamos em translucidez, os cimentos com canforoquinona se mostraram abaixo do limiar de perceptibilidade e para brancura apenas a diferença de TPO foi perceptível, os cimentos RXV e BAPO tiveram mudanças não perceptíveis para mais branco. Assim, os cimentos com RXV e CQ/EDAB se mostraram com desempenho semelhante aos cimentos NX3-f, NX3-d e BAPO, não sendo recomendado o uso de TPO.

CONCLUSÕES

Os cimentos comerciais (RXV, NX3 foto e dual) e os materiais experimentais com CQ/EDAB e BAPO apresentaram estabilidade de cor semelhante e não perceptível após envelhecimento em água, bem como diferença de brancura e translucidez dentro do limite de aceitabilidade clínica. Já o cimento como novo fotoiniciador TPO demonstrou alteração de cor e translucidez acima do limite de aceitabilidade, e também foi o único cimento a se apresentar acima no limite de perceptibilidade para diferença de brancura. Dessa forma, sugere-se que os cimentos RXV NX3-f, NX3-d, BAPO, e CQ/EDAB apresentam comportamento favorável para a cimentação de laminados cerâmicos.

REFERÊNCIAS

1. Hill EE. Dental cements for definitive luting: A review and practical clinical considerations. *The dental clinics of North America*, v. 51, n. 3, p. 643-658, jul. 2007.
2. Namoratto, LR, Ferreira, RS, Lacerda, RAV, et al. Cimentação em cerâmicas: evolução dos procedimentos convencionais e adesivos. *Rev. bras. Odontol.*, v. 70, n. 2, p. 142-147, jul-dez. 2013
3. Ferracane, JL, Stansbury, JW, Burke, FJT. Self-adhesive resin cements – chemistry, properties and clinical considerations. *Journal of Oral Rehabilitation*, v. 38, n. 4, p. 295-314, abr. 2011.
4. Perroni, AP, Kaizer, MR, Della Bona, et al. Influence of light-cured luting agents and associated factors on the color of ceramic laminate veneers: A systematic review of in vitro studies. *Dental Materials*, v. 34, n. 11, p. 1610–1624, ago. 2018.
- 5.
6. Kavut, İ, Ugur, M. The effect of amine-free initiator system and polymerization type on long-term color stability of resin cements: an in-vitro study. *BMC Oral Health*, v. 22, n. 1, p. 1–7, 2022
7. Furuse, AY, Santana, LOC, Rizzante, FAP, et al. Delayed Light Activation Improves Color Stability of Dual-Cured Resin Cements. *Journal of Prosthodontics*, v. 27, n. 5, p. 449-455, mai. 2016.
8. Inokoshi, M, Pongprueksa, P, Munk, J, et al. Influence of light irradiation through zirconia on the degree of conversion of composite cements. *The Journal of Adhesive Dentistry*, v. 18, n. 2, p. 161-171, fev. 2016.
9. Bragança, GF, Viana, AS, Neves, FD, et al. Effect of exposure time and moving the curing light on the degree of conversion and Knoop microhardness of

- light-cured resin cements. *Dental Materials*, v. 36, n. 11, p. 340-351, nov. 2020
10. Gugelmin, BP, Miguel, LCM, Filho, FB, et al. Color stability of ceramic veneers luted with resin cements and pre-heated composites: 12 months follow-up. *Brazilian Dental Journal*, v. 31, n. 1, p. 69-77, jan-fev. 2020.
 11. Degirmenci, K, Atala, MH. Farklı İçeceklerin Adheziv Rezin Simanların Renk Stabilitesi ve Beyazlık Değeri Üzerine Etkisi. *Kocaeli Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, v. 6, n. 3, p. 238–244, 2020
 12. Brandt, WC, Schneider, LFJ, Frollini, E, et al. Effect of different photo-initiators and light curing units on degree of conversion of composites. *Braz Oral Res.* v. 24, n.3, p.263-270, set. 2010.
 13. Delgado, AJ, Castellanos, EM, Sinhoreti, M, et al. The Use of Different Photoinitiator Systems in Photopolymerizing Resin Cements Through Ceramic Veneers. *Oper Dent*, v. 44, n. 4, p. 396-404, jul/ago 2019.
 14. Favarão, J, Oliveira, DCRS, Zanini, MM, et al. Effect of curing-light attenuation on color stability and physical and chemical properties of resin cements containing different photoinitiators. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, v. 113, jan. 2021
 15. Almeida, SM, Meereis, CTW, Leal, FB, et al. Evaluation of alternative photoinitiator systems in two-step self-etch adhesive systems. *Dental Materials*, v. 36, n. 2, p. e29-e37, fev. 2019.
 16. Atay A, Palazli Z, Gurdal I, Usumes A. Color Change of Different Dual-Cure Resin Cements After Thermocycling. *ODOVTOS-Int. J.Dental Sc.*, v. 21, n. 2, p. 53-62, may/ august, 2019.

17. Bragança, GF, Vianna, AS, Neves, FD, et al. Effect of exposure time and moving the curing light on the degree of conversion and Knoop microhardness of light-cured resin cements. *Dental Materials*, v. 36, n. 11, p. 340-351, nov. 2020.
18. Ikemura, K, ENDO, T. A review of the development of radical photopolymerization initiators used for designing light-curing dental adhesives and resin composites. *Dental Materials Journal*, v. 26, n. 5, p. 481-501, abr. 2010.
19. Alkurt, M, Duymus, ZY. Comparison to Color Stability Between Amine with Benzoyl Peroxide Includes Resin Cement and Amine-reduced, Amine-free, Lacking of Benzoyl Peroxide Resin Cements After Thermocycle. *Journal of Advanced Oral Research*, v. 9, n. 1-2, p. 24-30, 2018.
20. Bertolo, MVL, Moraes, RCM, Pfeifer, C, et al. Influence of photoinitiator system on physical-chemical properties of experimental self-adhesive composites. *Brazilian Dental Journal*, v. 28, n. 1, p. 35-39, 2017.
21. Kowalska, A, Sokolowski, J, Bociong, K. The Photoinitiators Used in Resin Based Dental Composite—A Review and Future Perspectives. *Polymers*, v. 470, n. 13, p. 3-17, fev. 2021.
22. Albuquerque, PPAC, Moreira, ADL, Moraes, RR, et al. Color stability, conversion, water sorption and solubility of dental composites formulated with different photoinitiator systems. *Journal of dentistry*, v. 41 s, p. e 6 7 – e7 2, nov. 2013.
23. Alkhudhairy, F, Vohra, F, Naseem, M, et al. Color stability and degree of conversion of a novel dibenzoyl germanium derivative containing photo-polymerized

resin luting cement. *Journal of Applied Biomaterials & Functional Materials*, v. 18, p. 1-7, mar. 2020.

24. Pérez, MM, Herrera, LJ, Carrillo, F, et al. Whiteness difference thresholds in dentistry. *Dental Materials*, v. 35, n. 2, p. 292–297, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2018.11.022>.

TABELAS

Tabela 1. Descrição dos materiais utilizados no experimento.

Cimento*	Composição			Características	
	Polímero	Carga	Iniciador	Tipo	Cor
RXV - RelyX Veneer (3M Oral Care)	TEGDMA; BisGMA	zircônia/sílica com tamanho médio de 0,6 µm em 66% em peso	CQ	Foto- ativado	White opaque
NX3-f - NX3 Nexus (Kerr)	TEGDMA; BisGMA; BisEMA; UDMA; hidroxi-4- metoxibenzofe nona	sílica; vidro de aluminoborosili- cato bário; fluoreto de sódio	CQ, EDMAB	Foto- ativado	White
NX3-d - NX3 Nexus (Kerr)	TEGDMA; BisGMA; BisEMA; UDMA; GDMA-P; hidroximetacril ato; 2,6-di(terc- butil)-4- metilfenol	sílica; vidro de aluminoborosili- cato bário; fluoreto de sódio; pigmento e óleo de menta piperita 66,5% em peso	Hidro- peróxido de cumeno	Dual	White
CQ/EDAB (experimental)	TEGDMA; BisGMA	Sílica 20%	CQ, EDAB	Foto- ativado	Trans- parente
BAPO (experimental)	TEGDMA; BisGMA	Sílica 20%	BAPO	Foto- ativado	Trans- parente
TPO (experimental)	TEGDMA; BisGMA	Sílica 20%	TPO	Foto- ativado	Trans- parente

*Dados obtidos dos fabricantes dos cimentos comerciais

Tabela 2. Valores de média (desvio padrão) de TP_{00} mensurado no tempo inicial (t_0) e após 45 dias de envelhecimento (t_{45d}) para os grupos experimentais, e diferença de translucidez entre os tempos avaliados (ΔTP_0).

Grupos						
	RXV	NX3-f	NX3-d	CQ/EDAB	TPO	BAPO
TP_{00} -	21,54	23,23	22,89	21,05	18,04	21,97
t_0	(1,31) ab	(1,86) a	(1,94) ab	(1,55) b	(1,14) c	(1,64) ab
TP_{00} -	21,95	24,23	23,63	20,71	20,73	22,52
t_{45d}	(1,09) ab	(2,03) a	(2,03) ab	(1,77) b	(0,96) b	(3,87) ab
ΔTP_{00}	0,41	1,00	0,74	-0,39	2,66	-0,83
	(0,75)	(0,57)	(0,51)	(0,76)	(0,77)	(1,48)

*Médias seguidas por letras iguais na mesma linha são estatisticamente semelhantes ($p > 0,05$).

FIGURAS



Figura 1. Dente bovino e lâmina de cerâmica



Figura 2. Corpo-de-prova final (frente).

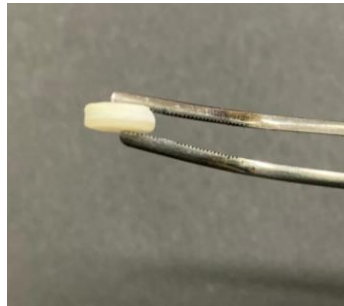
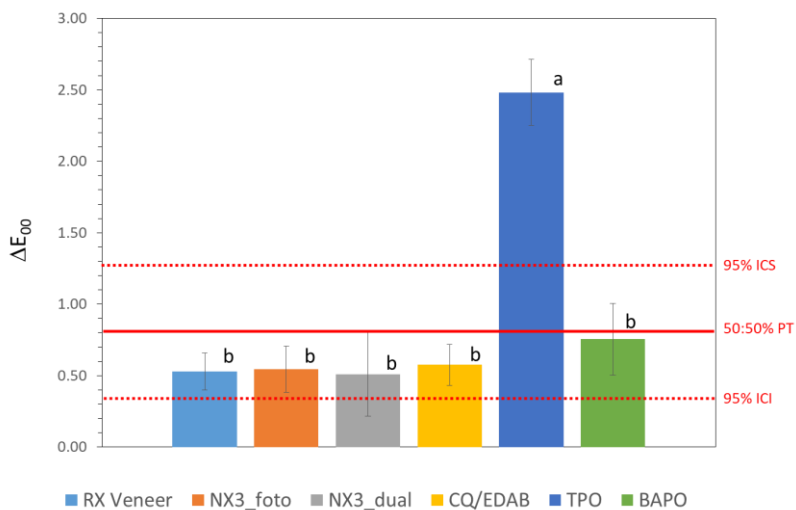
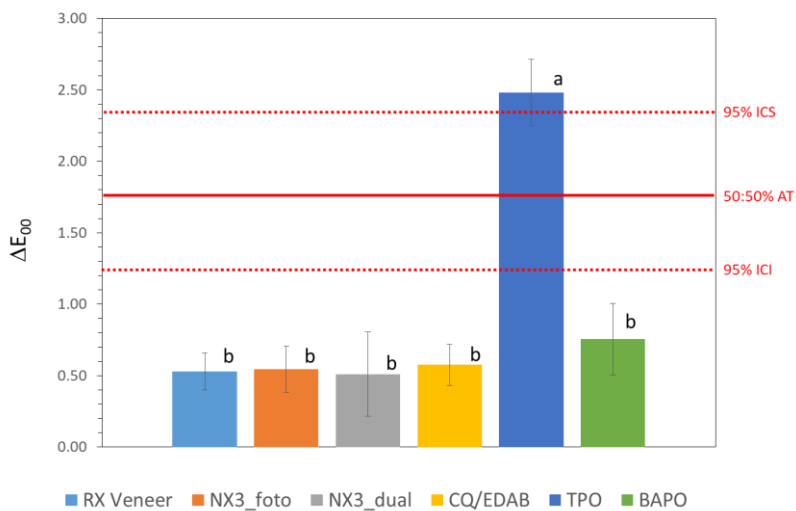


Figura 3. Corpo-de-prova final (lateral).



(a)



(b)

Figura 4. Dados de média e intervalo de confiança de 95% (barra de erros) de ΔE_{00} para os grupos experimentais. (a) Gráfico com os valores de limite de perceptibilidade (PT) 50:50% e os intervalos de confiança de 95% superior (ICS) e inferior (ICI). (b) Gráfico com os valores de limite de aceitabilidade (AT) 50:50% e os intervalos de confiança de 95% superior (ICS) e inferior (ICI).

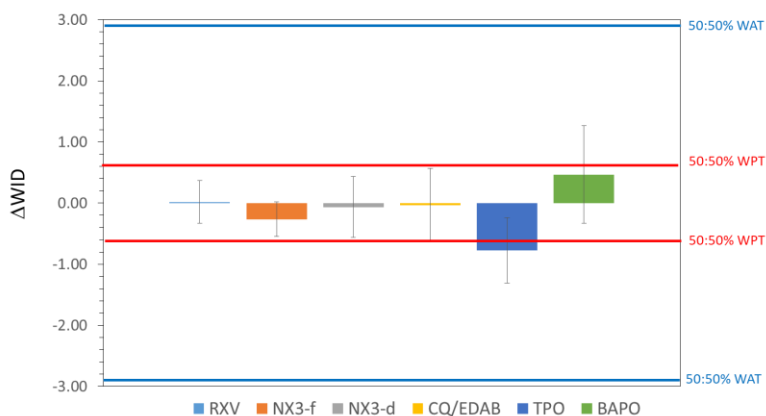


Figura 5. Valores de média de ΔWID para os grupos experimentais e intervalos de confiança de 95%. Limites de perceptibilidade (WPT) e aceitabilidade (WAT).