

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Faculdade de Ciências da Saúde Programa de Pós-Graduação em
Odontologia



Dissertação de Mestrado

**Avaliação *in vitro* do efeito da concentração e da aplicação semanal de
agentes clareadores de uso caseiro utilizando diferentes métodos de análise**

Daniella Birnbaum Pessoa de Mello

Brasília, 16 de julho de 2025

Daniella Birnbaum Pessoa de Mello

Avaliação *in vitro* do efeito da concentração e da aplicação semanal de agentes clareadores de uso caseiro utilizando diferentes métodos de análise

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Odontologia da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília, como requisito parcial à obtenção do título de Mestra em Odontologia.

Orientadora: Fernanda Cristina Pimentel Garcia

Brasília, 2025

Daniella Birnbaum Pessoa de Mello

Avaliação *in vitro* do efeito da concentração e da aplicação semanal de agentes clareadores de uso caseiro utilizando diferentes métodos de análise

Dissertação aprovada, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestra em Odontologia, Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília.

Data da defesa: 16 de julho de 2025.

Banca examinadora:

Profa. Dra. Fernanda Cristina Pimentel Garcia (orientadora)

Prof. Dr. Leonardo Fernandes da Cunha (membro)

Prof. Dr. Michael Willian Favoreto (membro)

Profa. Dra. Elaine Auxiliadora Vilela Maia (suplente)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela oportunidade de concluir mais essa importante etapa da minha vida acadêmica e profissional, por me conceder saúde, resiliência e força para seguir em frente.

Agradeço à Universidade de Brasília, instituição que foi fundamental na minha formação e no meu crescimento pessoal e profissional, aos meus familiares, minha base e meu alicerce, agradeço por todo apoio, incentivo e compreensão ao longo dessa caminhada, aos meus mestres, minha orientadora e meus professores, sou imensamente grata por cada ensinamento, pela paciência, dedicação e por todo suporte oferecido durante esse processo.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-CAPES pelo apoio financeiro por meio da concessão da bolsa de mestrado sob o número de processo: 23106.059844/2024-60, que foi fundamental para a realização desta pesquisa.

Agradeço à empresa FGM Dental Group e sua representante Maristela pela doação dos materiais utilizados na fase laboratorial da pesquisa.

Por fim, a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, deixo aqui minha sincera gratidão.

*“Os benefícios da ciência não são
para os cientistas, e sim para
humanidade!”*

Louis Pasteur

RESUMO

Avaliação *in vitro* do efeito da concentração e da aplicação semanal de agentes clareadores de uso caseiro utilizando diferentes métodos de análise

O clareamento dental caseiro supervisionado é uma técnica amplamente utilizada na odontologia estética, com diferentes protocolos envolvendo variações de agente clareador, concentração e tempo de aplicação. Este estudo *in vitro* avaliou a eficácia clareadora de diferentes concentrações de peróxido de carbamida e peróxido de hidrogênio em dentes bovinos ao longo de quatro semanas. Sessenta dentes bovinos foram distribuídos aleatoriamente em cinco grupos ($n = 12$), utilizando os produtos Whiteness Perfect 10%, 16% e 22%, e White Class 7,5% e 10%, com tempos de aplicação diários conforme a recomendação do fabricante (variando entre 30 minutos e 4 horas). A avaliação da cor foi realizada nos tempos inicial, 7, 14, 21 e 28 dias, por meio de espectrofotometria, utilizando os sistemas CIELAB, CIEDE2000 e o Whiteness Index for Dentistry (WID). Os dados foram analisados por ANOVA de dois fatores com medidas repetidas e teste de Tukey ($\alpha = 0,05$). Todos os protocolos promoveram alteração de cor clinicamente perceptível. Observou-se que o maior grau de clareamento ocorreu aos 7 dias, com tendência à estabilização nas aferições subsequentes até os 28 dias. O tempo de aplicação não foi objeto de comparação estatística, pois seguiu as instruções dos fabricantes. Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os agentes clareadores testados. Embora não tenha sido realizada análise estatística entre os métodos de mensuração de cor, a comparação descritiva indicou resultados semelhantes entre os sistemas CIELAB, CIEDE2000 e WID. Conclui-se que todos os protocolos avaliados foram eficazes para o clareamento dental, e que os métodos de avaliação da cor apresentaram tendências compatíveis.

Palavras-chaves: Clareamento dental, Cor, Estética Dentária, Peróxido de Hidrogênio, Peróxido de Carbamida.

ABSTRACT

***In vitro* evaluation of the effect of concentration and weekly application of at-home bleaching agents using different analytical methods**

Supervised at-home dental bleaching is a widely used technique in aesthetic dentistry, with various protocols involving different bleaching agents, concentrations, and application times. This *in vitro* study evaluated the bleaching effectiveness of different concentrations of carbamide peroxide and hydrogen peroxide on bovine teeth over a four-week period. Sixty bovine teeth were randomly assigned to five groups ($n = 12$), using the products Whiteness Perfect 10%, 16%, and 22%, and White Class 7.5% and 10%, with daily application times based on manufacturer recommendations (ranging from 30 minutes to 4 hours). Color evaluation was performed at baseline and after 7, 14, 21, and 28 days using spectrophotometry and the CIELAB, CIEDE2000, and Whiteness Index for Dentistry (WID) systems. Data were analyzed using two-way repeated-measures ANOVA followed by Tukey's post hoc test ($\alpha = 0.05$). All protocols produced clinically perceptible color changes. The greatest bleaching effect was observed at 7 days, followed by a trend toward stabilization through day 28. Application time was not a focus of statistical comparison, as it followed the manufacturers' guidelines. No statistically significant differences were observed among the bleaching agents tested. Although no statistical comparison was performed between the color measurement methods, descriptive analysis indicated similar results among CIELAB, CIEDE2000, and WID. It can be concluded that all tested protocols were effective for tooth whitening, and that the color evaluation methods presented consistent trends.

Keywords: Tooth Bleaching, Color, Esthetics, Dental, Hydrogen Peroxide, Carbamide Peroxide.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Sulco realizado na superfície vestibular para padronização das leituras de cor.....p. 22

Figura 2. Processo de produção da moldeira.....p.22

Figura 3. Moldeira personalizada finalizada, ajustada aos dentes bovinos.....p.23

Figura 3A. Moldeira personalizada finalizada, ajustada aos dentes.....p.23

Figura 4. Posicionamento do espectrofotômetro na área padronizada da superfície vestibular para avaliação da cor.....p.23

Figura 5. Coordenadas L^* , a^* e b^* dos grupos avaliados e tempos de seguimento.....p. 27

Figura 6. Alterações no índice de branco para odontologia (WI_D) ao longo do tempo para diferentes agentes de clareamento.....p. 30

Figura 7. Evolução temporal da cor dentária segundo os sistemas ΔE_{ab} (CIELAB), ΔE_{00} (CIEDE2000) e ΔWI_D , para os diferentes protocolos de clareamento.....p. 32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Distribuição dos Grupos Experimentais e Protocolo de Aplicação dos Géis Clareadores.....p. 21

Tabela 2. Médias e desvios padrão pelo sistema Cielab para os diferentes protocolos de clareamento..... p. 26

Tabela 3. Médias e desvios padrão pelo sistema CIEDE para os diferentes protocolos de clareamento..... p. 29

Tabela 4. Médias e desvios padrão de W_D para os diferentes protocolos de clareamento..... p. 30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CIELAB – Sistema de medição de cor desenvolvido pela Comissão Internacional de Iluminação (CIE) em 1976

CIEDE2000 – Método aprimorado de medição de diferença de cor desenvolvido pela Comissão Internacional de Iluminação em 2000

WI_D – Whiteness Index for Dentistry (Índice de clareamento em Odontologia)

PC – Peróxido de Carbamida

PH – Peróxido de Hidrogênio

ANOVA – Análise de Variância

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 MECANISMOS DE AÇÃO DOS GÉIS CLAREADORE.....	14
2.2 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA COR.....	15
2.3 INFLUÊNCIA DA CONCENTRAÇÃO E TEMPO DE APLICAÇÃO	16
3 OBJETIVOS.....	18
3.1 OBJETIVO GERAL.....	18
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	19
4.1 DETALHAMENTO DO EXPERIMENTO DO PRESENTE ESTUDO.....	19
4.2 DESENHO EXPERIMENTAL.....	20
4.3 CONFECÇÃO DAS AMOSTRAS.....	22
4.4 ANÁLISE DA COR.....	23
4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	24
5 RESULTADOS.....	26
6 DISCUSSÃO.....	33
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	38
REFERÊNCIAS.....	39
PRESS RELEASE.....	42

1. INTRODUÇÃO

O clareamento dental é um tratamento estético amplamente utilizado para modificar a cor dos dentes, sendo o clareamento caseiro uma opção popular por sua praticidade e bom custo-benefício [1]. Essa modalidade envolve o uso de diferentes concentrações de agentes clareadores, como o peróxido de hidrogênio (PH) e o peróxido de carbamida (PC), os quais promovem a oxidação de compostos orgânicos responsáveis pela alteração cromática [1].

O sucesso do clareamento dental está associado à capacidade do peróxido de hidrogênio de penetrar na estrutura dentária e oxidar os pigmentos presentes. Esse agente pode ser aplicado diretamente ou liberado a partir da decomposição do peróxido de carbamida [2,3]. O mecanismo de ação envolve a quebra de ligações duplas de carbono e a oxidação de compostos orgânicos da matriz dentinária, resultando no clareamento [4]. Géis com baixas concentrações de PH (como 7,5% e 10%) ou PC (10%, 16% e 22%) são eficazes em protocolos domiciliares [5–7]. A atividade do gel depende da estabilidade do peróxido, que se degrada com o tempo, reduzindo sua eficácia progressivamente [3]. Assim, a seleção da concentração adequada é essencial para equilibrar eficácia e segurança durante o tratamento [8].

A avaliação da alteração de cor resultante do clareamento é um desafio na prática clínica. Os métodos visuais, baseados em escalas padronizadas, são subjetivos e influenciados por fatores como iluminação, fadiga visual e variabilidade entre profissionais [9,10]. Para contornar essas limitações, métodos instrumentais têm sido incorporados, como espectrofotômetros, colorímetros e sistemas baseados em imagem digital, que oferecem maior precisão e reprodutibilidade [11,12].

Os três principais sistemas objetivos utilizados atualmente na mensuração da cor dental são o CIELAB (Commission Internationale de l'Éclairage - Delta 1976), o CIEDE2000 (Delta E 2000) e o índice de brancura W_{ld} (Whiteness Index for Dentistry) [13–15]. O sistema CIELAB utiliza três coordenadas para quantificar a cor: L* (luminosidade), a* (verde-vermelho) e b* (azul-amarelo). O sistema CIEDE2000 representa uma evolução do CIELAB, incorporando ajustes perceptuais para melhor correlacionar os valores numéricos com a percepção visual humana. Já o W_{ld} é um

índice derivado das coordenadas CIELAB, que permite quantificar o grau de “brancura” de forma simples e objetiva, sendo útil para avaliação comparativa entre diferentes estágios do clareamento [15].

Apesar da existência de diversos estudos sobre a eficácia de géis clareadores com diferentes concentrações, ainda são escassas as investigações que associem os três métodos objetivos de avaliação de cor em um mesmo protocolo. Diante dessa lacuna, o presente estudo propõe uma análise integrada da alteração de cor ao longo do clareamento dental caseiro, considerando diferentes tempos de aplicação semanal e os métodos CIELAB, CIEDE2000 e W_{I_D} para mensuração da cor.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 MECANISMOS DE AÇÃO DOS GÉIS CLAREADORES

O clareamento dental é um procedimento estético amplamente empregado para modificar a coloração dos dentes, sendo o clareamento caseiro uma opção popular devido à sua praticidade, baixo custo e possibilidade de personalização conforme as necessidades do paciente [1]. Os agentes clareadores mais utilizados são o peróxido de hidrogênio (PH) e o peróxido de carbamida (PC), os quais atuam por meio de reações químicas de oxidação [2,3].

O mecanismo fundamental do clareamento envolve a difusão do peróxido através do esmalte e da dentina, permitindo a oxidação dos cromóforos, que são grupos químicos, formados por cadeias duplas conjugadas de carbono, responsáveis pela absorção seletiva de luz e, conseqüentemente, pela cor dos tecidos dentários [4,5]. O peróxido de carbamida se decompõe em peróxido de hidrogênio e ureia, enquanto o peróxido de hidrogênio se degrada em água e oxigênio, sendo este último o agente oxidante ativo que quebra ligações químicas nas moléculas pigmentadas, tornando as ligações simples e reduzindo a absorção da luz e, dessa forma, gerando o efeito clareador [3,6].

A eficácia do clareamento está relacionada tanto à concentração do agente clareador quanto ao tempo total de exposição do produto à superfície dental, frequentemente medido em semanas nos protocolos domiciliares [9]. Concentrações maiores tendem a promover resultados mais rápidos e intensos, porém também aumentam a probabilidade de efeitos adversos, como sensibilidade dentinária [10–12]. Por isso, é fundamental que o cirurgião-dentista selecione cuidadosamente a concentração e a duração do tratamento, buscando o melhor equilíbrio entre eficácia e segurança para o paciente [13].

2.2 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA COR

A seleção da cor na odontologia é fundamental para o sucesso estético de tratamentos restauradores e de clareamento dental [18]. Tradicionalmente, essa seleção é realizada por métodos visuais que utilizam escalas padronizadas, como Vita Classical e Vita 3D-Master. Essas escalas são amplamente utilizadas devido à sua praticidade e baixo custo, permitindo uma rápida comparação da cor dos dentes com amostras-padrão [18]. Contudo, esses métodos apresentam limitações importantes, uma vez que são subjetivos e influenciados por múltiplos fatores extrínsecos e intrínsecos. Entre eles, destacam-se a iluminação do ambiente, a fadiga visual do avaliador, as condições de observação e as diferenças individuais na percepção da cor, essas variáveis podem levar a erros e inconsistências, comprometendo a precisão e a reprodutibilidade dos resultados clínicos. [19].

Com o avanço da tecnologia, dispositivos instrumentais como espectrofotômetros e colorímetros vêm sendo incorporados à prática odontológica para superar as limitações dos métodos visuais. Esses equipamentos medem quantitativamente as propriedades ópticas dos dentes, como a reflexão e absorção da luz, produzindo dados objetivos e altamente reprodutíveis [18]. A exatidão proporcionada por esses aparelhos tem sido demonstrada em diversos estudos, mostrando redução significativa da variabilidade inter e intraavaliador na seleção da cor, sendo a utilização desses instrumentos, especialmente recomendada em pesquisas científicas e protocolos clínicos que demandam precisão rigorosa para avaliar alterações cromáticas, como no clareamento dental. [18].

Dentre os métodos instrumentais, a espectrofotometria é a técnica mais empregada para avaliação cromática em odontologia. Este método baseia-se na medição da luz refletida pelo dente em múltiplos comprimentos de onda, permitindo uma caracterização detalhada da cor através de modelos matemáticos padronizados. O sistema CIELAB, desenvolvido pela Comissão Internacional de Iluminação (CIE) em 1976, é o modelo mais utilizado para expressar essas medições em um espaço tridimensional, definido pelas coordenadas L^* (luminosidade), a^* (eixo verde-vermelho) e b^* (eixo azul-amarelo), esse modelo é considerado padrão-ouro para quantificação de cor, pois é independente da iluminação ambiente e oferece uma representação uniforme das cores, facilitando a comparação objetiva entre diferentes

amostras. [19].

Apesar de sua ampla aplicação, o modelo CIELAB apresenta limitações em termos de percepção visual, visto que as diferenças cromáticas não são percebidas de maneira homogênea pelo olho humano em todas as regiões do espaço de cor [20]. Para superar essa questão, foi desenvolvido o sistema CIEDE2000, que incorpora ajustes matemáticos para levar em conta a não-linearidade da percepção visual, a influência do tom de fundo, saturação e interações entre matizes. Esse aprimoramento proporciona uma avaliação mais precisa e realista das diferenças de cor [20,21]. Estudos como o de Paravina et al. demonstraram que os limiares de perceptibilidade (menor diferença de cor detectável) e aceitabilidade (diferença de cor tolerável clinicamente) são mais baixos para o sistema CIEDE2000, confirmando sua maior sensibilidade e adequação para uso clínico e científico [20,21].

Além disso, índices específicos para avaliar a “brancura” do dente têm sido desenvolvidos, como o índice WID (Whiteness Index for Dentistry), proposto por Pérez et al. [13] em 2016. Baseado nas coordenadas CIELAB, o WID traduz a percepção da brancura em um valor numérico simples, onde valores maiores indicam maior clareamento e valores menores refletem tons mais escuros. O índice possibilita acompanhar a evolução do clareamento em diferentes momentos do tratamento, facilitando a comparação dos resultados de forma objetiva. A variação ΔWID (diferença entre índices final e inicial) é utilizada para mensurar a efetividade do tratamento. Para que o clareamento seja considerado clinicamente eficaz, as alterações devem ultrapassar certos limites mínimos de percepção, estabelecidos em $\Delta E_{ab} > 2,7$, $\Delta E_{00} > 1,2$ e $\Delta WID > 2,6$, parâmetros amplamente aceitos na literatura [13].

2.3 INFLUÊNCIA DA CONCENTRAÇÃO E TEMPO DE APLICAÇÃO

A eficácia do clareamento dental caseiro depende fundamentalmente da concentração do agente clareador e do tempo total de aplicação, que normalmente é medido em semanas, refletindo o protocolo completo utilizado pelo paciente [2,5-7]. Embora concentrações mais altas de peróxido de hidrogênio (PH) e peróxido de carbamida (PC) possam acelerar a reação química responsável pela oxidação dos pigmentos dentários, elas também aumentam o risco de efeitos adversos, como sensibilidade dentária e irritação gengival [15-17]. Portanto, a escolha da concentração

adequada é um balanço entre rapidez no clareamento e segurança do paciente.

Estudos clínicos indicam que géis clareadores com concentrações variadas, aplicados em protocolos domiciliares durante várias semanas, apresentam eficácia distinta conforme a concentração e o tempo total de uso. Por exemplo, pesquisas que compararam o uso de peróxido de carbamida a 7,5%, 10% e 16% demonstraram que concentrações maiores proporcionam um clareamento mais significativo em menos semanas, mas sem comprometer a segurança quando aplicadas corretamente [5–7,21].

Faus-Matoses et al. [22] evidenciaram que um protocolo domiciliar com peróxido de carbamida a 16%, aplicado diariamente por 90 minutos durante 22 dias, resultou em clareamento mais eficaz em comparação a um protocolo clínico exclusivo com peróxido de hidrogênio a 37,5% aplicado em poucas sessões rápidas. Esses achados reforçam que, para clareamento caseiro, o tempo total de ação semanal é um fator decisivo, e protocolos que combinam concentração adequada com tempo suficiente tendem a otimizar o resultado estético.

Portanto, o cirurgião-dentista deve considerar tanto a concentração quanto a duração total semanal e o número de semanas do tratamento para selecionar o gel clareador que ofereça o maior clareamento no menor tempo possível, sempre respeitando a tolerância e a saúde do paciente. Protocolos individualizados, baseados em evidências, são essenciais para maximizar a eficácia e minimizar efeitos colaterais.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho foi avaliar *in vitro* o efeito de diferentes concentrações de géis clareadores caseiros na eficácia do clareamento dental ao longo de várias semanas, em dentes bovinos, , utilizando os métodos CIELAB, CIEDE2000 e Wl_D para avaliação da cor.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Testar as seguintes hipóteses nulas:

- Não haverá diferença na alteração de cor final entre os diferentes géis clareadores caseiros testados;
- O tempo de aplicação semanal não influenciará significativamente as mudanças de cor ao longo do tratamento;
- Os métodos de avaliação da cor (CIELAB, CIEDE2000 e Wl_D) não apresentarão diferenças nos resultados das alterações de cor.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 DETALHAMENTO DO EXPERIMENTO DO PRESENTE ESTUDO

Trata-se de um estudo experimental *in vitro* que avaliou a eficácia clareadora de cinco géis com diferentes concentrações: White Class 7,5% (FGM, Brasil), White Class 10% (FGM, Brasil), Whiteness Perfect 10% (FGM, Brasil), Whiteness Perfect 16% (FGM, Brasil) e Whiteness Perfect 22% (FGM, Brasil). A escolha dessas formulações buscou representar diferentes protocolos de clareamento caseiro amplamente utilizados na prática clínica, conforme recomendação dos fabricantes e revisões sistemáticas prévias sobre concentrações e eficácia de peróxidos de carbamida e hidrogênio no clareamento dentário [2,5,6].

Foram utilizados sessenta incisivos bovinos recém-extraídos, criteriosamente selecionados e livres de defeitos no esmalte ou descoloração visível. Dentes bovinos são amplamente empregados em estudos laboratoriais por apresentarem composição e estrutura semelhantes aos dentes humanos, além de maior disponibilidade, padronização e facilidade de manuseio [23,24].

As amostras foram desinfetadas em solução de cloramina a 1% por 24 horas, protocolo que garante descontaminação sem comprometer as propriedades do esmalte [25]. Após esse período, os dentes foram armazenados sob refrigeração (< 4°C) em água destilada, trocada semanalmente, a escolha se deu em razão da preocupação em se evitar contaminação por íons que poderiam alterar a coloração dental e preservar a integridade estrutural [26].

Para simular um escurecimento prévio, as amostras bovinas foram submetidas a um processo de pigmentação por imersão em chá preto e Coca-Cola durante 6 dias. Essa combinação é amplamente empregada em modelos laboratoriais para a indução de manchas extrínsecas, devido à presença concentrada de taninos no chá preto e corantes ácidos na Coca-Cola, que possuem alta afinidade para aderir à superfície do esmalte, promovendo alterações na coloração sem alterar significativamente a estrutura interna do dente [12,27].

Embora a Coca-Cola apresente um pH ácido capaz de causar desmineralização superficial do esmalte em exposições prolongadas, o protocolo adotado utilizou ciclos controlados de imersão intercalados com lavagem em água destilada para minimizar o impacto erosivo e simular a exposição cotidiana habitual, refletindo uma condição clínica realista de manchas extrínsecas [28]. Além disso, o curto período de 6 dias de exposição visa garantir a deposição de pigmentos sem causar alterações profundas ou irreversíveis no esmalte, preservando as propriedades ópticas e mecânicas essenciais para a avaliação do clareamento. Este protocolo balanceia a necessidade de escurecer as amostras para um modelo experimental válido, mantendo a integridade do esmalte para que os resultados do clareamento sejam atribuídos prioritariamente à remoção das manchas e não a alterações estruturais causadas pela erosão ou desmineralização.

Durante o experimento, as amostras foram mantidas em recipientes individuais contendo água destilada a 37°C, simulando a temperatura corporal e garantindo a hidratação das estruturas dentárias, fator fundamental para evitar alterações ópticas nos resultados [23,26].

A avaliação da cor foi realizada por espectrofotometria (EasyShade Advance, Vita Zahnfabrik, Alemanha) nos momentos pré-tratamento (baseline) e após 7, 14, 21 e 28 dias. Foram utilizados os sistemas CIELAB e CIEDE2000, com os parâmetros ΔE (diferença total de cor) e ΔWID (índice de brancura), reconhecidos como métodos objetivos e sensíveis para mensuração das alterações de cor em esmalte dental [10,13,20].

A condução deste estudo seguiu as recomendações metodológicas para experimentos laboratoriais em odontologia, baseando-se no checklist adaptado do Guidelines for Reporting Preclinical *In Vitro* Studies (PRI-OB) [29], que enfatiza a padronização, reprodutibilidade, controle rigoroso de variáveis e transparência na descrição metodológica.

4.2 DESENHO EXPERIMENTAL

Para avaliar a mudança de cor, o tamanho da amostra foi calculado usando unidades Δ_{ab} do sistema Cielab. Um valor de referência Δ_{ab} de $8,99 \pm$

2,32 para 22% CP foi obtido do estudo de Bernardon et al. [7]. A estimativa do tamanho da amostra foi realizada usando software G*Power (versão 3.1.9.4, Universität Düsseldorf, Alemanha) com um efeito de 0,22, um nível de significância de 0,05 e um poder estatístico de 80%. O efeito ($0,22 = 2,7/8,99$) foi calculado para detectar uma diferença de 2,7 unidades ΔE_{ab} , que corresponde ao limite de aceitabilidade 50:50, conforme definido por Paravina et al. [20]. Essa abordagem garante poder suficiente para detectar diferenças clinicamente relevantes na mudança de cor entre os grupos. Assim, o tamanho mínimo da amostra foi calculado como 12 amostras por grupo, totalizando 60 amostras para os 5 grupos experimentais. Estes foram organizados conforme a concentração do agente clareador, número do lote e tempo diário de aplicação indicados pelos fabricantes. A composição detalhada, o número de espécimes e os protocolos de aplicação de cada grupo estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 – Distribuição dos Grupos Experimentais, Composição, Quantidade de Espécimes e Protocolo de Aplicação dos Géis Clareadores

Grupo	Produto FGM (Brasil)	Nº do Lote	Composição	Tempo De Aplicação Diária
1	Whiteness Perfect 10% (PC)	1000056 387-00	Peróxido de carbamida 10%	4 horas
2	Whiteness Perfect 16% (PC)	1000056 388-00	Peróxido de carbamida 16%	4 horas
3	Whiteness Perfect 22% (PC)	1000023 417-00	Peróxido de carbamida 22%	1 hora
4	White Class 7,5% (PC)	1000023 422-00	Peróxido de carbamida 7,5%	1 hora
5	White Class 10% (PC)	1000023 423-00	Peróxido de carbamida 10%	30 minutos

Os grupos experimentais foram alocados de forma sorteada para evitar qualquer viés na distribuição. A alocação das amostras nos cinco grupos experimentais foi realizada por randomização simples utilizando o software REDCap (versão 12.2, nPhase, EUA), garantindo a distribuição aleatória e evitando viés de seleção.

4.3 CONFECÇÃO DAS AMOSTRAS

Um sulco quadrado raso de 6 x 6 mm foi criado com ponta diamantada esférica (1012, Prima Dental, Londrina, PR, Brasil) no centro da superfície vestibular de cada dente para padronizar a área onde as leituras de cores foram realizadas, como demonstrado na figura 1.



Figura 1. Sulco realizado na superfície vestibular para padronização das leituras de cor.

Foi utilizado a plastificadora a vácuo (PlastVac P7 Bio-Art, Brasil) para criar uma moldeira personalizada para a aplicação de gel clareador. O processo consistiu em posicionar os dentes de forma adequada na base da plastificadora, permitindo a adaptação do material plástico ao contorno da arcada dentária, resultando em uma moldeira que se ajustou perfeitamente aos dentes, como demonstrado nas figuras 2, proporcionando uma aplicação eficiente do gel clareador para o tratamento, conforme figura 3 e 3A.



Figura 2. Processo de produção da moldeira.



Figura 3 e 3A. Moldeira personalizada finalizada, ajustada aos dentes.

Antes do procedimento de clareamento, os espécimes foram secos suavemente para remover o excesso de umidade. Para padronizar a quantidade de gel, uma camada de gel clareador com até 2 mm de espessura foi aplicada na superfície do esmalte bucal dos dentes. Embora tenha ocorrido extravasamento do gel para além da área demarcada, esse fato não comprometeu os resultados, uma vez que o mecanismo de ação dos agentes clareadores ocorre por difusão das moléculas de peróxido através do esmalte e da dentina, restringindo o efeito clareador à penetração do agente no tecido dentário, independentemente da extensão superficial do gel. Os dentes foram mantidos em 100% de umidade a 37°C durante o tempo de contato com o gel clareador. Após cada aplicação, os dentes foram lavados cuidadosamente em água corrente para remoção completa do gel.

4.4 ANÁLISE DA COR

A eficácia do clareamento foi avaliada por meio de medição objetiva da cor com espectrofotômetro (EasyShade Advance, Vita Zahnfabrik, Alemanha). Todas as leituras de cores foram realizadas dentro da área previamente definida no centro da superfície vestibular dos dentes por um clínico experiente previamente treinado em estudo piloto, conforme figura 4.



Figura 4. Posicionamento do espectrofotômetro na área padronizada da superfície vestibular para avaliação da cor.

Foi escolhido um laboratório de pesquisa para a realização dos procedimentos, com condições padronizadas de temperatura, umidade e iluminação. As leituras de cor foram realizadas no início (antes do clareamento) e repetidas aos 7, 14, 21 e 28 dias após a primeira aplicação do clareamento.

Os dados espectrofotométricos de cada amostra foram registrados com base nos parâmetros do sistema CIELAB. O valor L^* representa a luminosidade da amostra, variando de preto (0) a branco (100). Os valores a^* e b^* indicam, respectivamente, a posição no eixo vermelho-verde (+a para vermelho, -a para verde) e no eixo amarelo-azul (+b para amarelo, -b para azul). A diferença total de cor (ΔE^*_{ab}) foi calculada com base nas variações dos parâmetros antes e após o clareamento, segundo a fórmula: $\Delta E_{ab} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$, em que ΔL^* , Δa^* e Δb^* representam as diferenças entre os valores obtidos nos diferentes tempos avaliados.

Além do ΔE_{ab} , foi aplicado o método CIEDE2000 (ΔE_{00}), que fornece uma estimativa mais precisa da percepção visual de mudança de cor, ao considerar fatores como leveza, croma e matiz, além de correções baseadas na sensibilidade humana à cor [20,21].

Complementarmente, utilizou-se o índice de clareamento (WI_D) proposto por Pérez et al. [13], calculado a partir das coordenadas CIELAB pela fórmula: $WI_D = 0,511L^* - 2,324a^* - 1,100b^*$. As medições foram realizadas antes do tratamento, semanalmente e após o término do protocolo. A variação (ΔWI_D) foi determinada pela diferença entre os valores final e inicial. Foram considerados eficazes os protocolos que apresentaram: $\Delta E_{ab} > 2,7$, $\Delta E_{00} > 1,2$ e $\Delta WI_D > 2,6$ [13].

4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram avaliados inicialmente usando o teste Kolmogorov-Smirnov para verificar a normalidade da distribuição e o teste de Bartlett para avaliar a homogeneidade das variações. Esses testes preliminares garantiram que as premissas para análise paramétrica fossem atendidas (dados não mostrados). Para alterações de cor (ΔE_{ab} , ΔE_{00} e ΔWI_D), uma ANOVA de medidas repetidas de duas vias foi realizada para avaliar os efeitos ao longo do tempo e entre diferentes técnicas de clareamento. O teste post-hoc de Tukey foi realizado

para comparações pareadas entre as diferentes técnicas de clareamento, mantendo um nível de significância de $\alpha = 0,05$.

5. RESULTADOS

5.1 ANÁLISE DE COR PELO SISTEMA CIELAB

Na Tabela 2, são apresentadas as médias e desvios padrão das alterações de cor no Δ_{ab} . Embora a interação cruzada da interação “gel de clareamento vs. Tempo” tenha mostrado um valor p limítrofe ($p = 0,041$), ele não foi considerado clinicamente relevante o suficiente para influenciar a principal interpretação dos resultados. Portanto, apenas o principal fator tempo ($p < 0,001$) foi apresentado, pois influenciou significativamente o efeito de clareamento. O principal fator gel clareador ($p = 0,323$) não foi estatisticamente significativo. O efeito de clareamento aumentou notavelmente desde o primeiro dia até o 14º dia de branqueamento. No entanto, as duas semanas adicionais de branqueamento do 14º dia ao 28º dia não produziram um efeito de clareamento significativo.

Tabela 2- Médias e desvios padrão pelo sistema Cielab para os diferentes protocolos de clareamento

Parâmetro	Período	10% PC	16% PC	22% PC	7.5% PH	10% PH	Fator tempo*
ΔE_{ab}	Baseline vs 7 dias	15.8 ± 6.4	14.7 ± 3.2	16.4 ± 3.5	15.6 ± 3.9	15.0 ± 3.9	15.5 ± 4.2 A
	Baseline vs 14 dias	19.1 ± 6.2	16.8 ± 4.2	20.2 ± 4.0	19.5 ± 3.3	21.9 ± 5.4	19.5 ± 4.9 B
	Baseline vs 21 dias	18.8 ± 5.0	18.7 ± 5.4	21.2 ± 3.9	17.8 ± 2.9	20.8 ± 5.3	19.5 ± 4.6 B
	Baseline vs 28 dias	19.4 ± 5.6	18.9 ± 4.8	22.2 ± 3.5	18.2 ± 4.0	22.4 ± 6.3	20.2 ± 5.1 B

* As comparações são válidas para diferentes avaliações de tempo dentro do mesmo parâmetro de mudança de cor. Letras maiúsculas idênticas indicam valores estatisticamente semelhantes (teste de Tukey; $p > 0,05$).

Na análise da mudança de cor por meio do sistema CIELAB, observou-se um aumento no valor de L^* (indicando maior luminosidade), uma tendência para a sombra verde no eixo a^* e uma redução na intensidade de amarelo no eixo b^* , revelando que

o clareamento encontrado em uma cor mais clara e fria ao longo do tempo para os protocolos.

A Figura 5 mostra as coordenadas L^* , a^* e b^* dos grupos avaliados e tempos de seguimento.

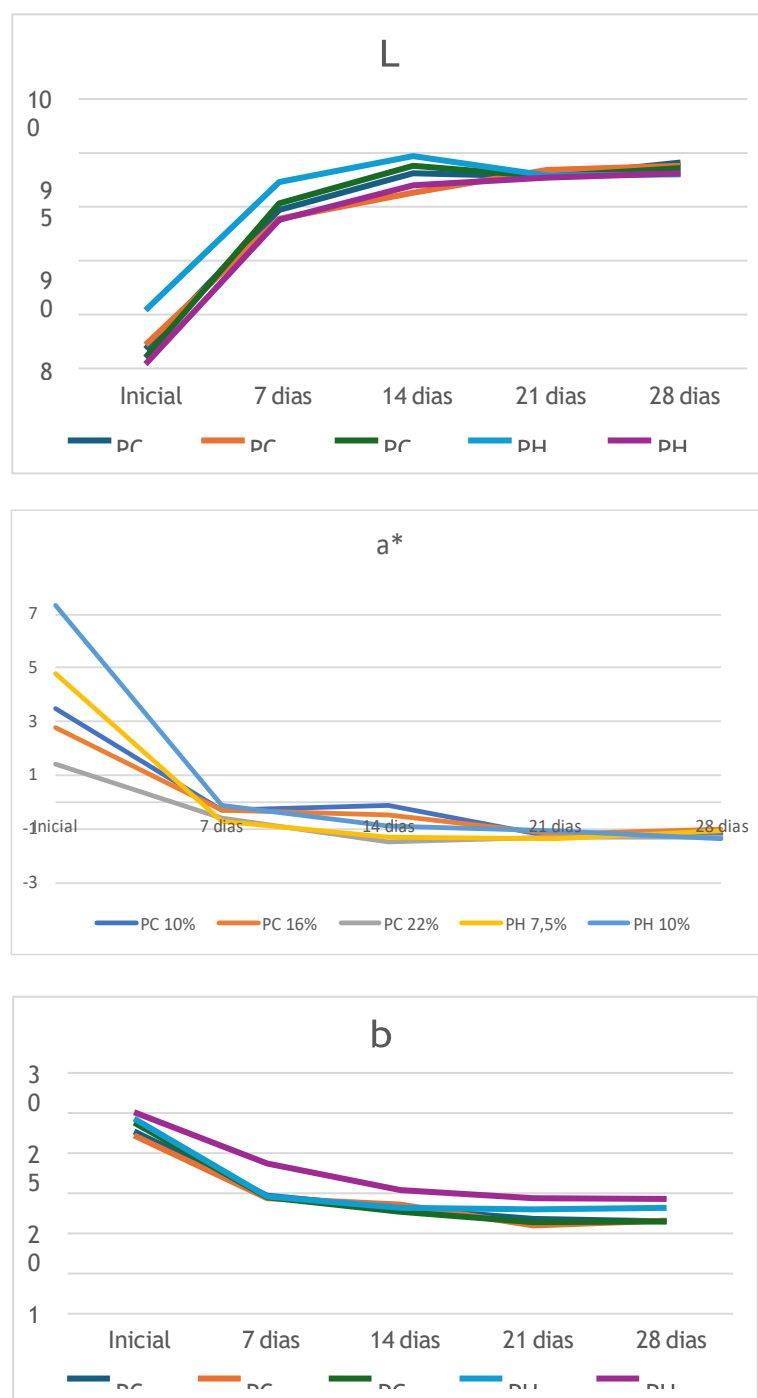


Figura 5. Coordenadas L^* , a^* e b^* dos grupos avaliados e tempos de seguimento.

Na Figura 5 pode-se observar um aumento dos valores de L^* ao longo do tempo para todos os grupos avaliados, indicando maior luminosidade e, portanto, dentes mais claros. Também houve uma diminuição dos valores de b^* , refletindo a redução da tonalidade amarelada, o que contribui para uma aparência mais branca dos espécimes. Isso significa que, dentro da esfera tridimensional de cor do sistema CIELAB, L^* se desloca para cima (aumento do brilho), enquanto b^* se aproxima do centro do eixo (redução do amarelo).

Além disso, os valores de a^* também apresentaram uma redução significativa nos primeiros sete dias de tratamento, tendendo a valores próximos ou abaixo de zero ao longo do acompanhamento. Essa diminuição indica uma redução das tonalidades avermelhadas, com deslocamento da cor em direção ao verde. Esse comportamento é esperado e desejável durante o clareamento, pois contribui para uma coloração dental mais neutra e natural, especialmente em casos com presença de pigmentos extrínsecos associados a tons quentes.

A redução coordenada de L^* , a^* e b^* ao longo do tempo demonstra a eficácia dos protocolos clareadores testados, promovendo não apenas aumento de brilho, mas também equilíbrio cromático mais próximo da estética dental ideal.

5.2 ANÁLISE DE COR PELO SISTEMA CIEDE2000

Na Tabela 3, são apresentadas as médias e desvios padrão das alterações de cor em ΔE_{00} . Embora a interação cruzada da interação “gel de clareamento vs. Tempo” tenha mostrado um valor de p ($p = 0,049$), ele não foi considerado clinicamente relevante o suficiente para influenciar a principal interpretação dos resultados. Portanto, apenas o principal fator tempo ($p < 0,001$) foi apresentado, pois influenciou significativamente o efeito de clareamento. O principal fator “gel de clareamento” ($p = 0,060$) não foi estatisticamente significativo. O efeito de clareamento aumentou notavelmente desde o primeiro dia até o 14º dia de branqueamento. No entanto, as duas semanas adicionais de clareamento do 14º dia ao 28º dia não produziram um efeito de clareamento significativo.

Tabela 3- Médias e desvios padrão pelo sistema CIEDE para os diferentes protocolos de clareamento

Parâmetro	Período	10% PC	16% PC	22% PC	7.5% PH	10% PH	Fator tempo *
ΔE_{00}	Baseline vs 7 dias	9.6 ± 4.2	9.8 ± 2.4	10.9 ± 2.2	10.0 ± 2.6	10.8 ± 3.3	10.2 ± 3.0 A
	Baseline vs 14 dias	11.8 ± 4.0	11.1 ± 2.9	13.3 ± 2.4	12.5 ± 2.0	15.0 ± 3.6	12.7 ± 3.3 B
	Baseline vs 21 dias	11.6 ± 2.9	12.4 ± 3.8	13.8 ± 2.2	11.4 ± 2.1	14.5 ± 3.3	12.7 ± 3.1 B
	Baseline vs 28 dias	11.9 ± 3.4	12.4 ± 3.4	14.4 ± 2.1	11.7 ± 2.7	15.4 ± 3.9	13.2 ± 3.4 B

* As comparações são válidas para diferentes avaliações de tempo dentro do mesmo parâmetro de mudança de cor. Letras maiúsculas idênticas indicam valores estatisticamente semelhantes (teste de Tukey; $p > 0,05$).

5.3 ANÁLISE DE COR PELO ÍNDICE DE CLAREAMENTO (ΔWID)

Na Tabela 4, as médias e desvios padrão do índice de branco para odontologia (WI_D) são apresentados para diferentes agentes de clareamento em cinco momentos (linha de base, 7 dias, 14 dias, 21 dias e 28 dias). A interação cruzada das variáveis gel de clareamento vs. tempo mostrou um valor p não significativo ($p = 0,199$), e o principal fator “gel clareador” também não foi estatisticamente significativo ($p = 0,577$). No entanto, o principal fator “tempo” foi estatisticamente significativo ($p < 0,001$), indicando um aumento notável no efeito de clareamento desde o primeiro dia até o 14º dia de tratamento. No entanto, as duas semanas adicionais de clareamento do 14º dia ao 28º dia não produziram um efeito de clareamento significativo. Como o WI_D é um índice que representa uma comparação de ponto no tempo, é relevante observar os valores iniciais, que foram semelhantes em todos os grupos experimentais [31]. Isso indica um ponto de partida comparável para o processo de clareamento, apoiando a validade dos efeitos observados ao longo do tempo.

A Figura 6 complementa as descobertas na Tabela 4, ilustrando a progressão do WI_D nos cinco pontos de tempo para os diferentes agentes de clareamento. Todos os grupos mostraram um aumento significativo de WI_D inicial

para 14 dias, indicando clareamento efetivo. No entanto, foram observadas alterações mínimas entre 14 e 28 dias, independentemente da concentração do agente clareador, sugerindo, talvez, um ponto de saturação pela análise estatística.

Tabela 4- Médias e desvios padrão de WI_D para os diferentes protocolos de clareamento.

Parâmetro	Período	10% PC	16% PC	22% PC	7.5% PH	10% PH	Fator tempo*
ΔWI_D	Baseline vs 7 dias	32.3 $\pm$ 5.0	31.9 $\pm$ 6.3	29.2 $\pm$ 5.7	31.8 $\pm$ 7.1	25.9 $\pm$ 3.8	30.2 $\pm$ 6.0 B
	Baseline vs 14 dias	37.8 $\pm$ 3.7	34.0 $\pm$ 5.7	34.3 $\pm$ 5.1	37.2 $\pm$ 5.6	36.3 $\pm$ 4.0	35.9 $\pm$ 5.0 C
	Baseline vs 21 dias	38.4 $\pm$ 2.7	37.9 $\pm$ 4.6	37.2 $\pm$ 1.8	36.4 $\pm$ 5.3	37.3 $\pm$ 5.0	37.4 $\pm$ 4.0 C
	Baseline vs 28 dias	38.3 $\pm$ 3.1	37.2 $\pm$ 3.5	37.8 $\pm$ 3.1	36.1 $\pm$ 5.0	36.8 $\pm$ 7.4	37.2 $\pm$ 4.6 C

* As comparações são válidas para diferentes avaliações de tempo dentro do mesmo parâmetro de mudança de cor. Letras maiúsculas idênticas indicam tempos estatisticamente semelhantes (teste de Tukey; $p > 0,05$).

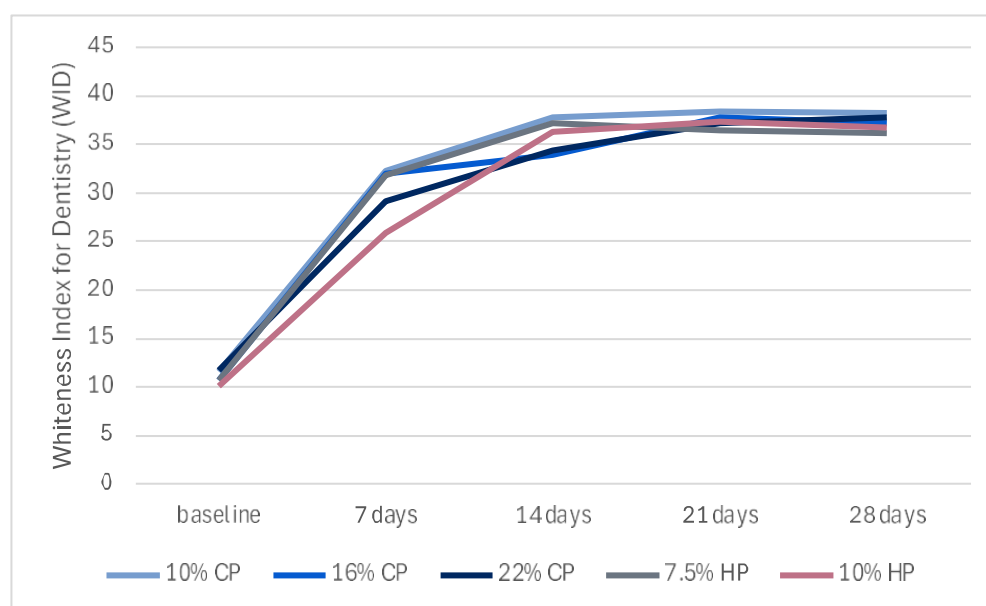


Figura 6. Alterações no índice de branco para odontologia (WI_D) ao longo do tempo para diferentes agentes de clareamento.

A análise comparativa entre os sistemas de mensuração de cor ΔE_{ab} (CIELAB), ΔE_{00} (CIEDE2000) e o ΔE_{WID} (Índice de brancura WID) evidenciou que todos os cinco protocolos de clareamento testados promoveram alterações significativas na cor dos espécimes. Conforme demonstrado na Figura 7, houve um aumento acentuado nos valores de clareamento logo nos primeiros 7 dias de aplicação dos géis, o que reforça a rápida eficácia clínica desses agentes. Após esse período inicial, observou-se uma tendência de estabilização dos valores, com variações discretas entre os dias 14, 21 e 28, independentemente da concentração do peróxido de carbamida ou peróxido de hidrogênio. Essa estabilidade sugere que o pico de clareamento ocorre precocemente e se mantém de forma sustentada, com mínimas diferenças nas semanas subsequentes.

Embora os sistemas apresentem valores absolutos distintos, como esperado pelas suas fórmulas e unidades específicas, a curva de comportamento clínico foi semelhante entre eles, refletindo a robustez dos resultados e a reprodutibilidade dos métodos utilizados.

O sistema ΔE_{00} , por exemplo, é reconhecido por sua maior correlação com a percepção visual humana, enquanto o índice WID apresenta leitura direta da brancura, sendo particularmente útil na avaliação estética. A convergência dos dados obtidos pelos três métodos valida a aplicação conjunta dessas métricas, fornecendo uma análise mais abrangente e sensível da eficácia clareadora ao longo do tempo. Assim, os achados sustentam a adequação dos sistemas ΔE_{ab} , ΔE_{00} e ΔE_{WID} como ferramentas complementares para mensuração objetiva da cor dentária em estudos *in vitro* de clareamento dental.

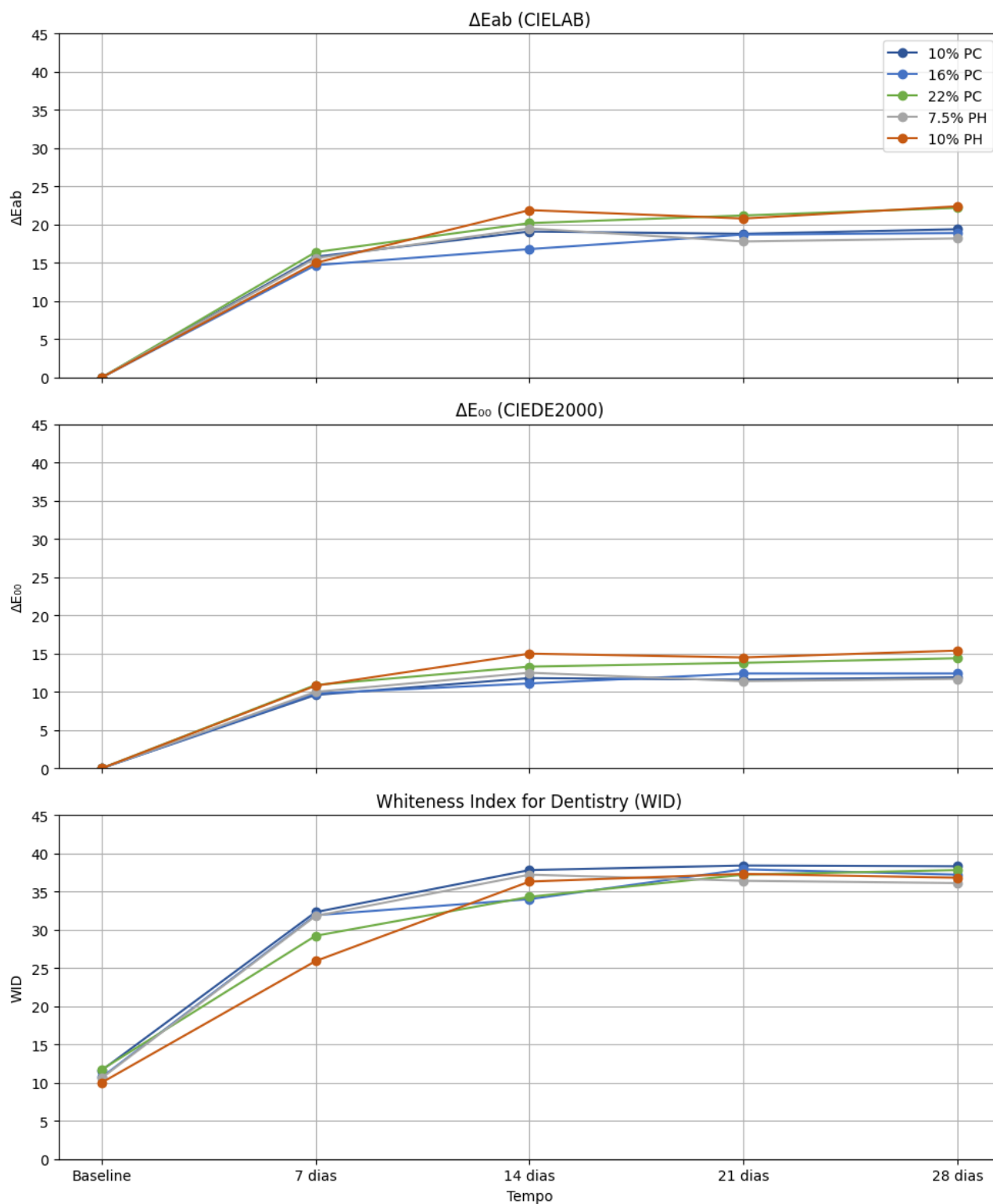


Figura 7. Evolução temporal da cor dentária segundo os sistemas ΔE_{ab} (CIELAB), ΔE_{00} (CIEDE2000) e ΔE_{WID} (WID), para os diferentes protocolos de clareamento.

6. DISCUSSÃO

A presente pesquisa teve como objetivo avaliar a eficácia clareadora de diferentes concentrações de peróxido de carbamida e peróxido de hidrogênio, em protocolo caseiro supervisionado, ao longo de quatro semanas. Os resultados obtidos por três métodos objetivos de mensuração da cor (ΔE_{ab} , ΔE_{00} e ΔWID) mostraram que todos os protocolos promoveram alterações de cor clinicamente perceptíveis, sem diferenças estatisticamente significativas entre os géis utilizados, sendo o tempo de acompanhamento semanal o principal fator responsável pelas mudanças de cor observadas.

Os valores de clareamento aumentaram significativamente nas primeiras semanas, com pico por volta do 14º dia, e tendência à estabilização entre a 3ª e a 4ª semanas, independentemente da concentração ou do tipo de peróxido utilizado. Tais achados corroboram os estudos de Bernardon et al. [7], que demonstraram que a maior percepção de clareamento ocorre nas primeiras semanas, e que tempos superiores a quatro semanas tendem a não proporcionar ganhos adicionais significativos. Mounika et al. [32] também observaram que protocolos caseiros de quatro semanas são efetivos e suficientes para alcançar os resultados desejados em termos estéticos.

Quanto ao tempo de aplicação dos produtos no método utilizado na presente pesquisa, foi utilizado o tempo recomendado pelo fabricante em todos os produtos. Isso foi feito com o intuito de permitir uma padronização em estudos futuros. Por exemplo, Eachempati et al. [33] discutem que as técnicas caseiras nos estudos primários disponíveis apresentam protocolos com diversas variações, impossibilitando a comparação dos estudos.

Ainda quanto ao método, incisivos bovinos extraídos foram usados neste estudo como substitutos de dentes humanos, uma vez que a coleta de um número suficiente de incisivos humanos recém-extraídos em boas condições é praticamente inviável atualmente. As pesquisas clínicas são muito mais difíceis de serem realizadas, mais demoradas e onerosas. Está bem estabelecido na literatura que as propriedades físicas e químicas dos dentes bovinos se assemelham aos dentes humanos [34,35]. Além disso, dentes bovinos já foram utilizados em muitos estudos *in vitro* de clareamento dental [36].

Este estudo avaliou a eficácia de diversos protocolos de clareamento

caseiro, com gel de baixa concentração de peróxido de hidrogênio e carbamida. Nossos resultados corroboram relatos anteriores, mostrando que o produto de peróxido de carbamida (CP) a 10% apresentou a mesma alteração de cor quando comparado às concentrações mais altas de CP [2]. Assim como as diferentes concentrações de CP tiveram os mesmos resultados que os PH [2].

Os valores ΔE são maiores que o limite de perceptibilidade para CIELAB (1,22 unidades) [33]. Isso mostra que o resultado obtido em todos os grupos foi uma alteração de cor perceptível ao olho humano. Vale ressaltar que o presente estudo utilizou dentes hígidos e com pigmentação artificial antes do clareamento. Assim como no estudo de Gallinari et al. [37], que realizaram pigmentação prévia com mistura de chá preto e Coca-Cola por 6 dias antes do clareamento. Portanto, a utilização de dentes com cor mais saturada e com maior quantidade de cromógenos pode ter influenciado nos resultados do clareamento. Essa é exatamente a proposta de trabalhos laboratoriais, poder controlar variáveis e testar ao máximo os produtos.

No ensaio clínico de Mailart et al. [38], avaliou-se diferentes protocolos de clareamento caseiro e encontrou maior alteração de cor naqueles que obtiveram o gel por 8 horas do que naquelas que o fizeram por 2 horas. Ou seja, o clareamento caseiro com peróxido de carbamida é mais dependente do tempo e não da concentração, portanto, não há necessidade do uso de produtos de alta concentração. Assim como os dados encontrados na presente pesquisa.

Com a técnica de clareamento caseiro, o tempo de uso depende do tipo de material clareador utilizado. Ao usar peróxido de carbamida a 10 ou 16%, Haywood e Sword [9] sugerem o uso durante a noite para obter o máximo benefício, uma vez que o peróxido de carbamida fica ativo por até dez horas, com aproximadamente 50% da liberação de peróxido disponível durante as primeiras duas horas, se estiver usando peróxido de hidrogênio, ficará ativo apenas por 30 minutos por hora. Na presente pesquisa, os peróxidos de carbamida 10% e 16% por 4 horas e o peróxido de hidrogênio por 30 minutos e uma hora mostraram o mesmo resultado. Assim, seria mais confortável para o paciente usar os produtos de peróxido de hidrogênio por um tempo menor.

Em casos de dentes com pouca pigmentação ou que apresentem pequenas alterações de cor, apenas uma semana de clareamento caseiro pode ser suficiente para atingir o resultado estético desejado. No entanto, outros pontos

devem ser levados em consideração, como a estabilidade do tratamento. Os trabalhos atuais que relatam estabilidade de um a três anos de tratamento consideram cerca de pelo menos três semanas de tratamento [1,9]. Assim, da mesma forma que se busca pelo menor tempo em horas de tratamento diário caseiro, também é necessário estudar o menor tempo necessário em semanas do tratamento caseiro e com estabilidade adequada. Estudos recentes reforçam que diferentes técnicas clareadoras apresentam eficácia semelhante, apesar das variações nos níveis de sensibilidade relatadas pelos pacientes, como apontado por Aidos et al. [39].

O método de avaliação visual depende da interpretação individual do avaliador e de outras variáveis, como condições de luz externa, idade, experiência e fadiga ocular, que podem levar a inconsistências [15,39,40]. A espectrofotometria é um método de avaliação objetivo, capaz de expressar diferenças mínimas de cor de forma numérica, padronizada, sem ser influenciada por fatores externos [41]. Foram elaboradas fórmulas para cálculo de diferenças de núcleos que melhor representam a percepção humana, como CIEDE2000 e CIELAB. Assim, no presente estudo foi possível observar um aumento/melhora gradual na mudança de cor desde uma análise inicial até as avaliações seguintes semanais.

Representar cor dos dentes tridimensionalmente usando L^* , a^* e b^* é frequente em muitos trabalhos. Munsell foi o primeiro a separar a cor em dimensões de matiz, valor e croma [20]. A ciência da cor está em melhoria contínua e, recentemente, uma fórmula de diferença de cor denominada CIEDE2000 (ΔE_{00}) foi recomendada [20-21]. Na presente pesquisa foram utilizadas as duas (CIELAB e CIEDE2000). A partir da Figura 4, pode-se perceber que houve um aumento estatisticamente significativo no parâmetro de luminosidade (L^*) em todos os grupos, tendendo-se ao branco. Em relação ao parâmetro b^* , houve uma diminuição estatisticamente significativa em relação aos valores iniciais. Essa diminuição indica que os espécimes se tornaram menos amarelados. Ou seja, na presente pesquisa, como mostrado nos resultados, observou-se um aumento do brilho (L) e uma diminuição do amarelo no eixo amarelo- azul (b), dois pontos fundamentais no processo de clareamento.

Neste estudo foi realizado uma comparação dos valores de ΔE_{ab} e ΔE_{00} entre os grupos. Apesar do sistema CIELAB ser muito difundido e utilizado na

odontologia para analisar diferenças de núcleos, o uso do CIEDE2000 foi proposto como uma alternativa mais recente [19,20]. Isso porque corrige o fator de rotação, que melhora a interação entre o croma e diferenças de matiz na região azul, levando em consideração a percepção visual [19,20]. Para os 5 grupos estudados, foram adquiridos valores de ΔE_{ab} e ΔE_{00} superiores ao limite de perceptibilidade e não houve diferença estatisticamente significativa entre os ΔE_{ab} e ΔE_{00} dos grupos. Embora o CIEDE00 seja uma fórmula mais recente e avançada, além do recomendado pelo CIE, a maioria dos estudos que avaliam o clareamento ainda utiliza a fórmula do sistema CIELab, razão pela qual ambas são apresentadas no presente estudo.

Apesar dos sistemas CIELAB e CIEDE2000 serem aplicados rotineiramente nas pesquisas de odontologia, ainda são métodos que podem diferir da percepção que se tem do efeito clareador. Assim, também existe o índice “ Wl_D ” baseado nas coordenadas do sistema CIELAB, que correlaciona o efeito clareador com a percepção visual [13]. No índice Wl_D pode-se verificar se houve um clareamento ou escurecimento dental. Essa demonstração é feita por uma fórmula mais simples que o CIELAB, na qual maiores valores de Wl_D indicam espécimes mais claros, enquanto menores valores (ou negativos) indicam espécimes mais escuros [23]. Assim, ΔWl_D indica a extensão do clareamento em direção à extremidade mais clara ou mais escura do espectro. Isso indica que os resultados de ΔWl_D devem ser considerados como a fórmula mais crucial para avaliar o efeito de clareamento [13,30].

Neste estudo avaliou-se o Wl_D inicial, Wl_D após 7, 14, 21 e 28 dias (ΔWl_D final) dos cinco grupos do tratamento clareador, como observado nos resultados de análise de cor, representados na Tabela 4 e Figura 5. Após o tratamento, todos os grupos apresentaram maiores valores Wl_D final em relação aos valores Wl_D inicial estatisticamente significantes. Em relação ao ΔWl_D , observou-se valores acima do limite de perceptibilidade nos cinco grupos, sem diferença estatisticamente significativa, demonstrando eficácia clareadora perceptível aos olhos. Na literatura não foram encontrados até o momento estudos prévios que utilizem este índice para avaliar a eficácia clareadora avaliados semanalmente com diferentes tipos de gel.

Assim como na presente pesquisa, é importante ter os diferentes métodos, no caso o CIELAB para a comparação com os trabalhos anteriormente

publicados, mas considerando também as vantagens dos métodos mais recentes CIEDE 2000 e WID. Por exemplo, para as pesquisas futuras, talvez fosse mais adequado realizar o WID inicial em todos os dentes e separá-los em grupos de tal forma que o valor médio de cada grupo fosse semelhante. Assim, teríamos o “mesmo nível de branco” para todos os grupos e dessa forma os valores absolutos de branco pelo método WID e de variação de Delta pelo método CIELAB ou CIEDE2000 seriam igualmente avaliados, evitando um viés na pesquisa.

Na presente pesquisa, os peróxidos de carbamida 10% e 16% por 4 horas e o peróxido de hidrogênio por 30 minutos e uma hora mostraram o mesmo resultado. Assim, seria mais confortável para o paciente usar os produtos de peróxido de hidrogênio por um tempo menor. É importante destacar que produtos com alta concentração de peróxido de hidrogênio podem atingir a câmara pulpar em níveis potencialmente irritantes, como demonstrado por Parreiras et al. [42], o que justifica ainda mais a escolha por protocolos caseiros com menor concentração e tempo de exposição controlado.

Entre as limitações do presente estudo, destaca-se o uso de dentes bovinos em substituição a dentes humanos. Embora a literatura indique similaridade estrutural, diferenças na composição do esmalte podem influenciar os resultados. Ademais, a avaliação foi realizada em condições laboratoriais controladas, podendo não refletir com precisão as condições clínicas reais. Estudos futuros devem investigar a eficácia dos protocolos em condições clínicas e avaliar a estabilidade do clareamento.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os cinco protocolos de clareamento testados demonstraram eficácia na alteração da cor de dentes bovinos pigmentados em modelo laboratorial. Observou-se aumento significativo nos valores de clareamento já na primeira semana de aplicação, com tendência à estabilização a partir da segunda semana. As diferenças entre os dias 14, 21 e 28 foram discretas, independentemente da concentração ou do tipo de agente clareador utilizado. Os três métodos objetivos de mensuração da cor (ΔE_{ab} , ΔE_{00} e ΔWID) apresentaram resultados consistentes e comparáveis, reforçando a confiabilidade das análises realizadas.

REFERÊNCIAS

1. FIORESTA R, MELO M, FORNER L, SANZ JL. Prognosis in home dental bleaching: a systematic review. *Clin Oral Investig*. 2023;27(7):3347-3361.
2. DE GEUS JL, WAMBIER LM, KOSSATZ S, LOGUERCIO AD, REIS A. At-home vs In-office Bleaching: A Systematic Review and Meta-analysis. *Oper Dent*. 2016;41():341-56.
3. CANEPPELE TM, ROCHA GOMES TORRES C, HUHTALA MF, BRESCIANI E. Influence of whitening gel application protocol on dental color change. *Scientific World Journal*. 2015;2015:420723.
4. PIKNJAČ A, SOLDÓ M, ILLEŠ D, KNEZOVIĆ ZLATARIĆ D. Patients' Assessments of Tooth Sensitivity Increase One Day Following Different Whitening Treatments. *Acta Stomatol Croat*. 2021;55(3):280-290.
5. DE GEUS JL, WAMBIER LM, BOING TF, LOGUERCIO AD, REIS A. At-home Bleaching With 10% vs More Concentrated Carbamide Peroxide Gels: A Systematic Review and Meta-analysis.
6. SOARES DG, BASSO FG, HEBLING J, DE SOUZA COSTA CA. Concentrations of and application protocols for hydrogen peroxide bleaching gels: effects on pulp cell viability and whitening efficacy. *J Dent*. 2014;42():185-98.
7. BERNARDON JK, FERRARI P, BARATIERI LN, RAUBER GB. Comparison of treatment time versus patient satisfaction in at-home and in-office tooth bleaching therapy. *J Prosthet Dent*. 2015;114():826-30.
8. MUSHASHE AM, COELHO BS, GARCIA PP, RECHIA BN, DA CUNHA LF, CORRER GM, GONZAGA CC. Effect of different bleaching protocols on whitening efficiency and enamel superficial microhardness.
9. HAYWOOD VB, SWORD RJ. Tooth bleaching questions answered. *Br Dent J*. 2017;223(5):369-380.
10. CIE (Commission Internationale de l'Eclairage). Colorimetry - technical report. 3rd ed. Vienna: Bureau Central de la CIE; 2004.
11. PINZAN-VERCELINO CRM, LIMA SNL, PEREIRA FFJV, GURGEL JA, SILVA GRD, FREITAS KMS. Efficacy of products for bleaching and whitening under orthodontic brackets.
12. HASS V, CARVALHAL ST, LIMA SNL, et al. Effects of Exposure to Cola-Based Soft Drink on Bleaching Effectiveness and Tooth Sensitivity of In-Office Bleaching: A Blind Clinical Trial. *Clin Cosmet Investig Dent*. 2019;11():383-392.
13. PÉREZ MDEL M, GHINEA R, RIVAS MJ, et al. Development of a customized whiteness index for dentistry based on CIELAB color space. *Dent Mater*. 2016;32(3):461-467.
14. GARCIA IM, et al. Clareamento dental: técnica e estética - Revisão de literatura.
15. da ROSA G, MARAN BM, SCHMITT VL, LOGUERCIO AD, REIS A, NAUFEL FS.

Effectiveness of Whitening Strips Use Compared With Supervised Dental Bleaching: A Systematic Review and Meta-analysis.

16. PEREIRA R, SILVEIRA J, DIAS S, CARDOSO A, MATA A, MARQUES D. Bleaching efficacy and quality of life of different bleaching techniques - randomized controlled trial. *Clin Oral Investig*. 2022;26(12):7167-7177.
17. LUQUE-MARTINEZ I, REIS A, SCHROEDER M, et al. Comparison of efficacy of tray-delivered carbamide and hydrogen peroxide for at-home bleaching: a systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Investig*. 2016;20(7):1419-1433.
18. TABATABAIAN F, BEYABANAKI E, ALIREZAEI P, EPAKCHI S. Visual and digital tooth shade selection methods, related effective factors and conditions, and their accuracy and precision: A literature review. *J Esthet Restor Dent*. 2021;33(8):1084-1104.
19. JOINER A, LUO W. Tooth colour and whiteness: A review. *J Dent*. 2017;67S():S3-S10.
20. PARAVINA RD, GHINEA R, HERRERA LJ, et al. Color difference thresholds in dentistry. *J Esthet Restor Dent*. 2015;27 Suppl 1():S1-S9.
21. FORVILLE H, FAVORETO MW, WENDLINGER M, DIAS RM, FERREIRA BORGES CP, REIS A, LOGUERCIO AD. Evaluation of at-home bleaching protocol with application on different surfaces: bleaching efficacy and hydrogen peroxide permeability. *Restor Dent Endod*. 2023;48(4):e33.
22. FAUS-MATOSES V, PALAU-MARTÍNEZ I, AMENGUAL-LORENZO J, FAUS-MATOSES I, FAUS-LLÁCER VJ. Bleaching in vital teeth: Combined treatment vs in-office treatment.
23. Kielbassa AM, et al. Micromorphological evaluation of enamel surface after different bleaching procedures: an SEM study. *Clin Oral Investig*. 2005;9(1):29–35.
24. Spolidorio DMP, et al. Structural analysis of bovine enamel subjected to bleaching agents. *Braz Dent J*. 2003;14(2):103–110.
25. Costa CA, et al. Evaluation of cytotoxicity of two disinfectants on odontoblast-like cells. *J Appl Oral Sci*. 2007;15(5):409–413.
26. ISO/TS 11405:2015. Dental materials — Testing of adhesion to tooth structure.
27. Franco LCF, et al. Influence of staining solutions and repolishing on color stability of composites after simulated brushing. *J Appl Oral Sci*. 2010;18(5):432–438.
28. Lussi A, Hellwig E, Zero D, Jaeggi T. Erosive tooth wear: diagnosis, risk factors and prevention. *Am J Dent*. 2012;25(6):275-83.
29. Faggion CM Jr, et al. Reporting preclinical in vitro studies: a modified CONSORT approach. *J Dent*. 2021;109():103647.
30. PÉREZ MM, HERRERA LJ, CARRILLO F, et al. Whiteness difference thresholds in dentistry. *Dent Mater*. 2019;35(2):292-297.
31. JOINER A. The bleaching of teeth: a review of the literature. *J Dent*. 2006;34(7):412-419.

- 32.MOUNIKA A, MANDAVA J, ROOPESH B, KARRI G. Clinical evaluation of color change and tooth sensitivity with in-office and home bleaching treatments. *Indian J Dent Res.* 2018;29(4):423-427.
- 33.EACHEMPATI P, KUMBARGER NAGRAJ S, KIRAN KUMAR KRISHANAPPA S, GUPTA P, YAYLALI IE. Home-based chemically-induced whitening (bleaching) of teeth in adults.
- 34.PIMENTA-DUTRA AC, ALBUQUERQUE RC, MORGAN LS, et al. Effect of bleaching agents on enamel surface of bovine teeth: A SEM study.
- 35.WIEGAND A, VOLLMER D, FOITZIK M, ATTIN R, ATTIN T. Efficacy of different whitening modalities on bovine enamel and dentin. *Clin Oral Investig.* 2005;9(2):91-97.
- 36.de CARVALHO AC, DE SOUZA TF, LIPORONI PC, PIZI EC, MATUDA LA, CATELAN A. Effect of bleaching agents on hardness, surface roughness and color parameters of dental enamel.
- 37.GALLINARI MO, FAGUNDES TC, DA SILVA LM, DE ALMEIDA SOUZA MB, BARBOZA A, BRISO A. A New Approach for Dental Bleaching Using Violet Light With or Without the Use of Whitening Gel: Study of Bleaching Effectiveness. *Oper Dent.* 2019;44(5):521-529.
- 38.MAILART MC, SAKASSEGAWA PA, SANTOS KC, TORRES CRG, PALO RM, BORGES AB. One-year follow-up comparing at-home bleaching systems outcomes and the impact on patient's satisfaction: Randomized clinical trial. *J Esthet Restor Dent.* 2021;33(8):1175-1185.
- 39.MARAN BM, MATOS TP, DE CASTRO ADS, et al. In-office bleaching with low/medium vs. high concentrate hydrogen peroxide: A systematic review and meta-analysis. *J Dent.* 2020;103():103499.
- 40.AIDOS M, MARTO CM, AMARO I, CERNERA M, FRANCISCO I, VALE F, MARQUES-FERREIRA M, OLIVEIROS B, SPAGNUOLO G, CARRILHO E, COELHO A, BAPTISTA PAULA A. Comparison of in-office and at-home bleaching techniques: An umbrella review of efficacy and post-operative sensitivity.
- 41.GUGELMIN BP, MIGUEL LCM, BARATTO FILHO F, CUNHA LFD, CORRER GM, GONZAGA CC. Color Stability of Ceramic Veneers Luted With Resin Cements and Pre-Heated Composites: 12 Months Follow-Up. *Braz Dent J.* 2020;31(1):69-77.
- 42.PARREIRAS SO, CAMARGO SE, LOGUERCIO AD, REIS A. Initial and pulp chamber concentration of hydrogen peroxide using different bleaching products.

PRESS RELEASE

Um estudo laboratorial *in vitro* avaliou a eficácia de diferentes concentrações de peróxidos de carbamida e hidrogênio, amplamente utilizados em protocolos de clareamento dental caseiro supervisionado. A pesquisa reforça a importância da supervisão profissional na indicação e controle do uso desses agentes e analisou cinco protocolos aplicados a dentes bovinos pigmentados, ao longo de quatro semanas. Foram testadas concentrações de peróxido de carbamida a 10%, 16% e 22%, bem como peróxido de hidrogênio a 7,5% e 10%. Sessenta amostras foram distribuídas aleatoriamente entre os grupos experimentais e submetidas à análise de cor nos dias 0, 7, 14, 21 e 28, utilizando espectrofotometria e os sistemas de mensuração CIELAB, CIEDE2000 e o índice WLD. Os resultados demonstraram que todos os protocolos promoveram alterações de cor perceptíveis, com maior intensidade de clareamento observada já na primeira semana de aplicação. A análise estatística (ANOVA com medidas repetidas, seguida pelo teste de Tukey, $\alpha=0,05$) indicou que, independentemente da concentração, os diferentes agentes clareadores apresentaram desempenho equivalente ao longo do tempo de avaliação. Dessa forma, o estudo sugere que o tempo de aplicação semanal, e não a concentração do agente clareador, é o principal fator associado à magnitude da alteração de cor. Os achados reforçam que diferentes concentrações podem ser escolhidas de forma personalizada, sem comprometer a eficácia do tratamento, desde que utilizadas com orientação profissional e tempos adequados de exposição.