

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

EFEITO DE DIFERENTES PASTAS DENTÍFRICAS BRANQUEADORAS NA RUGOSIDADE DA SUPERFÍCIE DENTÁRIA

Trabalho submetido por
Angel Alejandro Pinedo Tavares Barcelos Lobito
para a obtenção do grau de **Mestre** em Medicina Dentária

outubro de 2023

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

EFEITO DE DIFERENTES PASTAS DENTÍFRICAS BRANQUEADORAS NA RUGOSIDADE DA SUPERFÍCIE DENTÁRIA

Trabalho submetido por
Angel Alejandro Pinedo Tavares Barcelos Lobito
para a obtenção do grau de **Mestre** em Medicina Dentária

Trabalho orientado por
Prof. Doutor José João Baltazar Mendes

E coorientado por
Prof. Doutor Francisco Jorge Fernandes Caldeira

outubro de 2023

“O valor das coisas não está no tempo que elas duram, mas na intensidade com que acontecem. Por isso existem momentos inesquecíveis, coisas inexplicáveis e pessoas incomparáveis”

Fernando Pessoa

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Doutor José João Mendes por me ter acompanhado ao longo do desenvolvimento deste projeto e por tudo o que me proporcionou nesta faculdade. Sem dúvida uma excelente referência a seguir.

Ao meu coorientador, Prof. Doutor Jorge Caldeira por toda a indispensável ajuda na realização desta investigação e apoio constante.

Ao Prof. Doutor Mário Polido por permitir que esta investigação fosse possível cedendo a utilização do Laboratório de Biomateriais.

Ao Prof. Doutor Luís Proença pela ajuda e prontidão no que diz respeito à análise e tratamento de dados deste trabalho.

À Prof. Doutora Joana Costa pela amabilidade e disponibilidade que teve comigo tanto neste projeto como ao longo de todo o meu percurso na clínica, uma excelente mentora e profissional ao qual um obrigado não será suficiente.

À Prof. Doutora Alexandra Plácido pela ajuda e disponibilidade quando foi necessário efetuar o estudo das amostras na FCUP.

Um agradecimento à Oral B pela cedência de material necessário para este estudo.

A toda a minha família. Aos meus avós e aos meus pais, o meu maior obrigado do fundo do meu coração, por me apoiarem sempre, por acreditarem em mim, por me darem força diariamente, por tudo. Tudo isto é e será para vocês.

À minha namorada Catarina, pelo tão bem que me fez e faz, ao longo destes anos. O meu porto de abrigo, obrigado pelo teu carinho e boa disposição e por seres a pessoa maravilhosa que és, a vida reserva-nos muito, AMMcvr.

À minha maninha emprestada, colega de box da grande box4, Carlota Costa por me aturar ao longo de 2 anos de clínica e na verdade 5 anos de curso e por ser uma grande ajuda e companheira nesta bonita vida académica.

Ao meu grande amigo Revis Silva pelos seus ensinamentos e por ter sido o meu ajudante ao longo da realização desta investigação, tanto na parte prática como na parte escrita.

Aos meus irmãos de capa, Tomás Rosado, Adriano Almeida, João Afonso, Tiago Silva, João Malaquias, Alexandre Solas, Tomás Costa e José Pica pela irmandade, ajuda, compromisso e ensinamentos. Por todos os momentos que passamos, juntos.

Obrigado aos meus meninos João Maurício e Leandro Anastácio por terem sido quem foram, desejo-vos igualmente muito sucesso, UVSSPS.

Ao meu grupo de amigos A&C, pelos momentos maravilhosos que jamais serão esquecidos, obrigado por todas as milhentas horas de estudo e entretenimento.

Um grande obrigado a esta minha segunda casa. Ser aluno da Egas Moniz não se explica, mas quem cá passa não se esquece. Não esquecendo todos os professores, docentes e funcionários que tornaram este meu percurso único ajudando em tudo o que fosse preciso.

À Praxe da Egas Moniz e ao Conselho de Praxe, por ao longo destes 5 anos, em inúmeros cenários, me ter feito crescer enquanto pessoa e me ter tornado num Homem melhor. Ensinamentos que levo para a vida. Obrigado. DPSP.

RESUMO

Objetivo: Avaliar *in vitro* o efeito de diferentes pastas dentífricas branqueadoras na rugosidade da superfície dentária em dentes humanos hígidos.

Materiais e Métodos: Após limpeza com curetas de *Gracey* e polimento com pasta profilática, 12 molares hígidos obtidos do Banco de Dentes Humanos da Clínica Dentária Egas Moniz foram seccionados, no sentido mesio-distal, em metades idênticas. Os espécimes foram sujeitos a uma avaliação inicial da rugosidade (**TiA/TiB**) e, de seguida, divididos aleatoriamente em oito grupos, com base nas possíveis interações entre as duas variáveis independentes em estudo ($n = 3$): pasta dentífrica e duração do protocolo de escovagem (3 ou 15 dias). As pastas dentífricas utilizadas foram Colgate® *Total Original* (**GC**) (controlo); carvão ativado - Curaprox® *Black is White* (**G1**); *blue covarine* - Signal® *White Now* (**G2**); e microesferas - Oral B® *3D White Luxe Perfection* (**G3**). A escovagem foi efetuada durante 5 segundos (1 ciclo), três vezes ao dia, durante 15 dias (protocolo A) ou com 30 ciclos, seis vezes ao dia, durante 3 dias para simular 6 meses de escovagem (protocolo B). Todos os grupos foram novamente submetidos a uma avaliação final de rugosidade (**TfA/TfB**). Ambas as avaliações da rugosidade das amostras foram realizadas através da utilização de um Microscópio de Força Atómica e a análise estatística realizou-se através do teste ANOVA *one-way* e *post-hoc* de Tukey HSD para comparações múltiplas com $p \leq 0,05$.

Resultados: Embora não se tenham verificado diferenças estatisticamente significativas nos diferentes parâmetros da rugosidade, parece existir uma tendência para as pastas dentífricas causarem alterações. Exceto a curto prazo (protocolo A) para a pasta utilizada em G2 que aumentou a rugosidade ($p \leq 0,05$) quando comparado com o grupo controlo.

Conclusão: As diferentes pastas dentífricas branqueadoras tendem a causar variações na rugosidade da superfície do esmalte tanto a curto como a longo prazo.

Palavras-chave: Rugosidade, Pasta dentífrica, Branqueamento, Estética

ABSTRACT

Objective: To evaluate *in vitro* the effect of different tooth whitening toothpastes on the surface roughness of healthy human teeth.

Materials and Methods: After cleaning with *Gracey* curettes and polishing with prophylactic paste, 12 healthy molars obtained from the Banco de Dentes Humanos of Clínica Dentária Egas Moniz were sectioned mesio-distally into identical halves. The specimens underwent an initial roughness assessment (**TiA/TiB**) and were then randomly divided into eight groups based on potential interactions between the two independent variables under study ($n = 3$): toothpaste type and brushing protocol duration (3 or 15 days). The toothpastes used were Colgate® *Total Original* (**GC**) (control); activated charcoal - Curaprox® *Black is White* (**G1**); blue covarine - Signal® *White Now* (**G2**); and microspheres - Oral B® *3D White Luxe Perfection* (**G3**). Brushing was performed for 5 seconds (1 cycle), three times a day, for 15 days (Protocol A) or with 30 cycles, six times a day, for 3 days to simulate 6 months of brushing (Protocol B). All groups were subjected to a final roughness assessment (**TfA/TfB**). Both roughness evaluations of the samples were conducted using an Atomic Force Microscope, and statistical analysis was performed using *one-way* ANOVA and Tukey's HSD *post-hoc* test for multiple comparisons with $p \leq 0.05$.

Results: Although statistically significant differences were not observed in the various parameters of surface roughness, there appears to be a trend indicating that toothpaste formulations may induce alterations. Except for the short-term (protocol A) use of the toothpaste in group G2, which led to an increase in surface roughness ($p \leq 0,05$) when compared to the control group.

Conclusion: The whitening toothpaste used in the experiment tend to induce variations in enamel surface roughness, both in the short and long term.

Keywords: Roughness, Toothpaste, Whitening, Aesthetics.

ÍNDICE

I. INTRODUÇÃO	15
1. Anatomia dentária	15
1.1 Esmalte Dentário	16
1.1.1 Amelogénese	16
1.1.2 Estrutura do Esmalte	17
1.2 Propriedades Físicas e Mecânicas do Esmalte	19
1.3 Rugosidade da superfície do esmalte	20
2. Pigmentação dentária	20
2.1 Pigmentação Intrínseca	21
2.2 Pigmentação Extrínseca	21
3. Branqueamento Dentário	22
3.1 Indicações para branqueamento dentário	23
3.2 Contraindicações para branqueamento dentário	23
4. Agentes Branqueadores	24
4.1 Elementos Ativos	25
4.1.1 Peróxido de Hidrogénio	25
4.1.2 Peróxido de Carbamida	25
4.2 Mecanismos de Ação	26
4.2.1 Difusão	27

4.2.2	Interação.....	27
4.2.3	Alteração da Superfície.....	28
5.	Pastas Dentífricas.....	28
5.1	Pastas Dentífricas com Agentes Branqueadores	29
5.1.1	Carvão Ativado	30
5.1.2	<i>Blue Covarine</i>	31
5.1.3	Microesferas Abrasivas.....	32
6.	Avaliação da Rugosidade.....	32
6.1	Perfilometria.....	33
6.2	Microscópio Eletrónico de Varrimento.....	33
6.3	Microscópio de Força Atómica.....	34
II.	OBJETIVO	37
III.	HIPÓTESES DE ESTUDO	37
IV.	MATERIAIS E MÉTODOS	39
1.	Tipo de estudo.....	39
2.	Considerações éticas	39
3.	Local de realização do estudo	39
4.	Amostra estudada.....	40
4.1	Critérios de inclusão e exclusão	40

4.1.1	Critérios de inclusão	40
4.1.2	Critérios de exclusão	40
5.	Materiais	41
6.	Métodos	42
7.	Análise Estatística.....	48
V.	RESULTADOS	51
1.	Caracterização da amostra	51
2.	Análise estatística dos resultados obtidos pelo AFM	51
2.1	Resultados do Protocolo A.....	51
2.2	Resultados do Protocolo B	55
3.	Análise da variação da rugosidade.....	58
3.1	Variação da rugosidade no Protocolo A.....	64
3.2	Variação da rugosidade no Protocolo B	64
3.3	Variação da rugosidade por tipo de pasta dentífrica	65
4.	Resultados Laboratoriais.....	66
VI.	DISCUSSÃO	69
VII.	CONCLUSÃO	75
VIII.	BIBLIOGRAFIA	77
IX.	ANEXOS	

Índice de Figuras

Figura 1 – Anatomia dentária (Imagem original criada no BioRender.com).....	15
Figura 2 – Imagem obtida por MEV da estrutura do esmalte (Nanci, 2018)	18
Figura 3 – Oxidação de uma molécula cromóforica por parte do peróxido de hidrogénio (Carey, 2014).	26
Figura 4 – Exemplificação das 3 fases do mecanismo do branqueamento dentário (Imagem original criada no BioRender.com)	27
Figura 5 – Antropomorfização das tecnologias branqueadoras (Imagem original criada no BioRender.com).	29
Figura 6 – Molar recolhido do BDH utilizado nesta investigação.	40
Figura 7 – Molar utilizado nesta investigação depois de limpo e polido com pasta profilática e pedra pomes.	42
Figura 8 – Montagem e utilização do micrótomo	43
Figura 9 – Amostras obtidas após corte. Face vestibular intacta para uso no estudo (lado esquerdo) e face interna antes da limpeza (lado direito).	43
Figura 10 – Face interna de um dente limpa e posteriormente selada com cola de cianoacrilato.	43
Figura 11 – Diagrama relativo à divisão e caracterização de cada grupo	44
Figura 12 – Exemplo de tubo de amostra e amostras no suporte	45
Figura 13 – AFM Workshop TT (Vista frontal e da zona de estudo da amostra).....	45
Figura 14 – Grupo de amostras no suporte na estufa a 37°C em saliva artificial e respetiva saliva artificial	45

Figura 15 – Tipos de pastas dentífricas utilizadas. A) Colgate® Total Original (GC); B) Curaprox ® Black is White (G1); C) Signal ® White Now (G2); D) Oral B ® 3D White Luxe Perfection (G3).	46
Figura 16 – Exemplo das quantidades de pasta utilizadas (esquerda); Escova de dentes elétrica e as quatro cabeças utilizadas (direita).	47
Figura 17 – Exemplo de amostra analisada no AFM (Escala em tamanho não real) (Imagem Original criada no BioRender.com)	48
Figura 18 – Imagem inicial AFM 2D (esquerda) e 3D (direita) do Protocolo A	66
Figura 19 – Imagem inicial AFM 2D (esquerda) e 3D (direita) do Protocolo B	66
Figura 20 – Imagem final AFM 2D (esquerda) e 3D (direita) do Protocolo A	67
Figura 21 – Imagem final AFM 2D (esquerda) e 3D (direita) do Protocolo B	67

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Valores relativos à rugosidade inicial do GCA.	51
Tabela 2 – Valores relativos à rugosidade final do GCA.	52
Tabela 3 – Valores relativos à rugosidade inicial do G1A.	52
Tabela 4 – Valores relativos à rugosidade final do G1A.	53
Tabela 5 – Valores relativos à rugosidade inicial do G2A.	53
Tabela 6 – Valores relativos à rugosidade final do G2A.	53
Tabela 7 – Valores relativos à rugosidade inicial do G3A.	54
Tabela 8 – Valores relativos à rugosidade final do G3A.	54
Tabela 9 – Valores relativos à rugosidade inicial do GCB.	55
Tabela 10 – Valores relativos à rugosidade final do GCB.	55
Tabela 11 – Valores relativos à rugosidade inicial do G1B.	55
Tabela 12 – Valores relativos à rugosidade final do G1B.	56
Tabela 13 – Valores relativos à rugosidade inicial do G2B.	56
Tabela 14 – Valores relativos à rugosidade final do G2B.	57
Tabela 15 – Valores relativos à rugosidade inicial do G3B.	57
Tabela 16 – Valores relativos à rugosidade final do G3B.	57
Tabela 17 – Valores relativos à Variação de Ra.	58
Tabela 18 – Valores relativos à Variação de Sq.	59
Tabela 19 – Valores relativos à Variação de Sa.	59

Tabela 20 – Valores relativos ao teste ANOVA one-way de R_a , S_q e S_a por Protocolo, $p \leq 0,05$	60
Tabela 21 – Valores relativos ao teste Tukey HDS de R_a , S_q e S_a no Protocolo A, $p \leq 0,05$	61
Tabela 22 – Valores relativos ao teste Tukey HDS de R_a , S_q e S_a no Protocolo B, $p \leq 0,05$	62
Tabela 23 – Valores relativos ao teste Tukey HSD de R_a , S_q e S_a entre grupos por protocolo, $p \leq 0,05$	63
Tabela 24 –Valores médios da variação dos diferentes parâmetros de rugosidade (R_a , S_q , S_a)	63

Lista de Abreviaturas

IUEM – Instituto Universitário Egas Moniz

CDEM – Clínica Dentária Egas Moniz

BDH – Banco de Dentes Humano

FCT-UNL – Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Nova de Lisboa

FCUP – Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

% – Percentagem

pH – Potencial de Hidrogénio

JAD – Junção Amelo-Dentinária

L – *Large*

OMD – Ordem dos Médicos Dentistas

p/p – Percentagem por peso

CIE – *Commission Internationale de l'Eclairage*

FDA – *Food and Drug Administration*

ISO – *International Organization for Standardization*

RDA – Abrasividade Relativa da Dentina

REA – Abrasividade Relativa do Esmalte

AFM – Microscópio de Força Atómica

MEV – Microscópio Eletrónico de Varrimento

µm – Micrómetro

nm – Nanómetro

mm – Milímetro

mL – Mililitro

g – Grama

g/mol – Gramas por mol

3D – 3-Dimensões

2D – 2-Dimensões

°C – Graus *Celsius*

Hz – *Hertz*

SPSS – *Statistical Package for the Social Sciences*

n – Número de amostras

G C/1/2/3 – Grupo Controlo/1/2/3

I. INTRODUÇÃO

1. Anatomia dentária

O dente é composto por dois principais constituintes: a coroa e a raiz (ou raízes) (Figura 1).

Toda a camada externa da coroa é revestida por esmalte, a substância mais rígida do corpo. Imediatamente abaixo do esmalte, encontra-se a dentina, uma substância sensível que constitui a maior parte do dente. A camada externa da raiz é revestida por cimento, que fixa o dente ao osso alveolar. O tecido pulpar, que aloja o sistema neurovascular do dente, está inserido na dentina e estende-se até à zona mais apical (Madani et al., 2014; Nanci, 2018).

Relativamente ao periodonto, conjunto de tecidos que rodeiam e suportam o dente, está incluído o ligamento periodontal, tecido gengival, osso propriamente dito e todo o sistema de nutrição e enervação do dente. O ligamento periodontal é constituído por inúmeras fibras de tecido conjuntivo que fixam o cimento no osso e atuam como um amortecedor de qualquer força transmitida ao dente, por exemplo durante a mastigação (Madani et al., 2014).

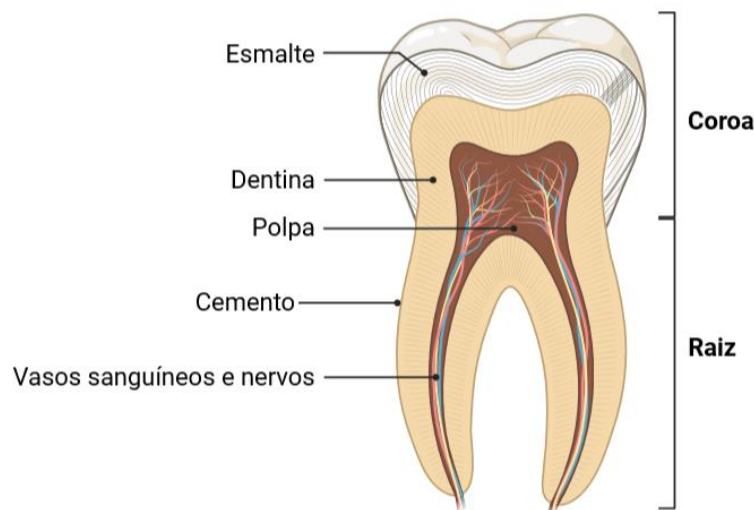


Figura 1 – Anatomia dentária (Imagem original criada no BioRender.com).

1.1 Esmalte Dentário

O esmalte dentário tem de ser capaz de suportar o desgaste causado pelas forças e contactos cíclicos, aos quais, é exposto no dia a dia nas suas funções normais, como por exemplo durante a mastigação (Kruzic et al., 2023; Nanci, 2018).

A literatura refere que o esmalte é o tecido mais mineralizado do corpo humano, de seu peso total 95% a 97% constituído por hidroxiapatite, uma forma cristalizada do fosfato de cálcio, que lhe confere dureza e resistência ao desgaste. Ao ser um material rígido oferece proteção à dentina e consequentemente à polpa. Ao contrário de outros tecidos do corpo humano, o esmalte dentário é um tecido que não possui qualquer capacidade reparadora, uma vez que as células responsáveis pela sua formação, os ameloblastos, desaparecem aquando da erupção do dente na cavidade oral (Kruzic et al., 2023; Nanci, 2018; Toga, 2017).

1.1.1 Amelogénese

A formação do esmalte, ou amelogénese, é descrita como uma sequência de até seis estádios, concretizados pelos ameloblastos. Estas células formam-se a partir da primeira camada de pré-dentina secretada pelos odontoblastos (Nanci, 2018; Toga, 2017).

As seis fases da amelogénese são a fase de pré-secreção, secreção, transição, maturação, apoptose dos ameloblastos e, por fim, a erupção dentária para a cavidade oral. Alguns autores defendem que as três principais fases funcionais são a de pré-secreção, secreção e maturação (Nanci, 2018).

Estas fases são determinadas de acordo com a morfologia e função dos ameloblastos, com um ciclo de vida único e com a particularidade de adaptar o seu fenótipo em função da fase e atividade que se encontram (Lima, 2017; Toga, 2017):

- O ameloblasto pré-secretor tem a função de adaptar o seu fenótipo, polarizando-se e desenvolvendo organitos de síntese para poder segregar a matriz orgânica do esmalte.

- O ameloblasto secretor (com ou sem prolongamento de *Tomes*’) é responsável por produzir a matriz orgânica do esmalte;

- O ameloblasto de maturação é caracterizado por ser o transportador de iões e permitir o depósito mineral o qual se baseia na remoção de água e conteúdo orgânico permitindo o crescimento dos cristais.

Antes de existirem ameloblastos, os mesmos possuem a sua fase pré-ameloblástica, onde aumentam o número de organitos de síntese e formam um complexo juncional unido em diversas filas (Toga, 2017).

Quando se finaliza a diferenciação dos ameloblastos é iniciada a síntese e a secreção das proteínas da matriz do esmalte a nível da Junção Amelo-Dentinária (JAD) com uma orientação perpendicular e uma estrutura aprismática (Toga, 2017).

O prolongamento de *Tomes'* de alguns ameloblastos secretores são o que permite ao ameloblasto segregar e orientar uma matriz de esmalte prismático sendo que na sua porção proximal é formada a substância interprismática e, na oposta, é formada um prisma de esmalte (Nanci, 2018; Toga, 2017).

Qualquer variação do fenótipo “normal” do esmalte (por exemplo, na amelogénese imperfeita) demonstra que, em alguma etapa, a amelogénese foi perturbada. Dependendo da etapa afetada, pode ser formado um esmalte com diferentes espessuras, comprimento dos cristais e com baixa dureza (Toga, 2017).

1.1.2 Estrutura do Esmalte

Devido à sua natureza altamente mineralizada torna-se difícil estudar concretamente a estrutura do esmalte. Sendo esta a camada mais dura e mineralizada do corpo humano, permite que os dentes suportem cargas funcionais aos quais são submetidos diariamente (Nanci, 2018; Toga, 2017).

A unidade fundamental de organização da estrutura do esmalte dos mamíferos são os bastões de esmalte (prismas) e a substância inter-prismática com orientações opostas. Estes bastões encontram-se descritos na literatura como prismas, com 5µm-8µm de diâmetro, hexagonais apesar de atualmente se saber que não apresentam uma geometria tão regular porém o termo “prismas de esmalte” é usado frequentemente na literatura (Nanci, 2018; Silva, 2020) (Figura 2).

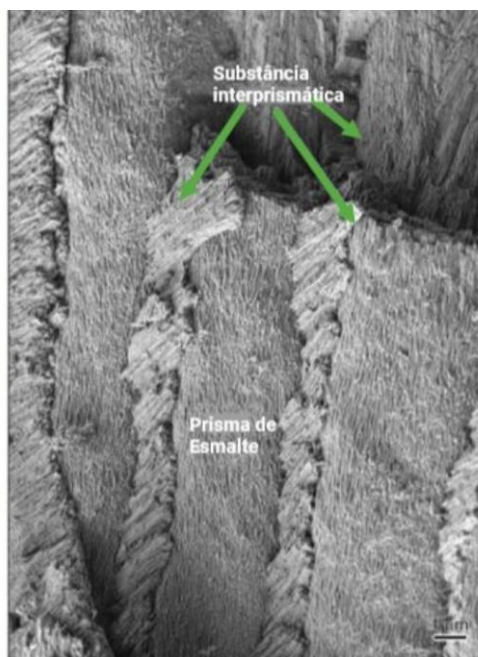


Figura 2 – Imagem obtida por MEV da estrutura do esmalte (Nanci, 2018).

O esmalte é formado por longos e compactos cristais de hidroxiapatite ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$), sendo esta a sua unidade base, em forma de laço que possuem 60nm-70nm em largura e 25nm-30nm em espessura e possivelmente atingem totalmente o comprimento da camada de esmalte desde a JAD até à superfície mais externa (Nanci, 2018; Toga, 2017).

A matriz do esmalte é constituída na sua grande totalidade (90%) por amelogeninas que são as proteínas responsáveis por se aglomerar entre si lateralmente aos cristais. Têm a função de ser delimitadoras para orientar o crescimento vertical do prisma propriamente dito. Como ademais constituição da matriz a literatura informa-nos que a restante percentagem é composta por enamelinas, ameloblastinas, proteases, enamelininas MMP-20, serinas (KLK4 – *Kallikrein 4*) e as amelogenases tendo todas estas funções de regular o crescimento dos cristais (Toga, 2017).

1.2 Propriedades Físicas e Mecânicas do Esmalte

A durabilidade de cada dente depende da estrutura e das propriedades de cada tecido que o compõem (Arola et al., 2017).

O esmalte completamente formado consiste em aproximadamente 96% conteúdo mineral e 4% de matéria orgânica e água (Nanci, 2018).

O esmalte baseia-se numa estrutura cristalina que lhe confere translucidez podendo variar o aspeto da sua cor, desde o branco-amarelado ao branco-acinzentado dependendo da translucidez do esmalte e da cor da dentina subjacente (Toga, 2017).

A sua espessura também varia ao longo de toda a camada tendo como máximo aproximado de 2,5mm. Esta variação da espessura faz com que a cor do esmalte seja modificada pela sua translucidez e pela cor da dentina subjacente, caso esta possua uma cor mais amarelada pode escurecer o esmalte nas suas zonas mais finas (Kwon & Wertz, 2015; Nanci, 2018).

Todos os cristais que fazem parte da constituição do esmalte são suscetíveis à dissolução por pHs mais ácidos, seja por comidas, bebidas ou de origem bacteriana, sendo este o mecanismo químico para a cárie dentária (Lima, 2017; Nanci, 2018).

No que toca à resistência do esmalte, esta pode se encontrar diminuída por diversos motivos: desgaste (hábitos parafuncionais ou função excessiva), desmineralização devido ao pH da cavidade oral, lesões cariosas, a remoção desta lesão para posterior restauração ou outros tratamentos dentários, contactos cíclicos com o dente adjacente (mais elevado quando há uma restauração a cerâmica), a presença de *cracks* na superfície do dente, envelhecimento do paciente e branqueamentos dentários (Arola et al., 2017; Lima, 2017). Estudos recentes comprovam que o esmalte diminui em 40% a sua resistência à fratura após branqueamentos dentários com peróxido de carbamida ou peróxido de hidrogénio, sugerindo que o branqueamento dentário seja uma forma acelerada de envelhecimento do esmalte o que, a longo prazo, pode ser extremamente prejudicial para a saúde do mesmo, ainda mais se associado a outros tratamentos dentários. Todos estes defeitos contribuem

para a redução da capacidade do esmalte suportar cargas reduzindo então a sua resistência (Arola et al., 2017; Epple et al., 2019).

1.3 Rugosidade da superfície do esmalte

A definição de rugosidade tem-se mantido constante ao longo dos anos e é inerte a qualquer material. Refere-se à irregularidade ou aspereza de uma superfície ou objeto. No esmalte a definição adapta-se e baseia-se na textura ou irregularidades que podem ser sentidas ou vistas na superfície do dente (Quéré, 2008).

A idade aumenta a rugosidade do esmalte e um aumento de rugosidade proporciona um aumento da adesão e estagnação do biofilme dentário, que, por sua vez, causa danos irreversíveis aos tecidos duros do dente. A rugosidade de superfície do dente também pode originar recessões gengivais, hipersensibilidade dentinária e acumulação de pigmentos (que podem intervir na aparência ótica da cor do dente/restauração) (Bollen & Quirynen, 1995; Koc Vural et al., 2021; Marshall et al., 2010).

Um estudo, que recorreu a um microscópio eletrónico de varrimento, comprova que a colonização inicial de bactérias na superfície do esmalte começa em irregularidades de superfície, nomeadamente defeitos que aumentam a rugosidade (Bollen & Quirynen, 1995).

2. Pigmentação dentária

Como explanado anteriormente a coroa de todos os dentes é formada por esmalte, dentina e polpa. Qualquer alteração a uma destas estruturas muito provavelmente irá causar alguma mudança visual no dente em si. Isto porque alterações nos tecidos do dente fazem com que a receção, transmissão, distribuição e reflexão da luz seja afetada o que proporciona uma mudança visual na parte externa da coroa do dente. Para além das características intrínsecas, a coloração externa do dente também poderá ter influência na cor final do dente, como um só ou em sinergia com as propriedades intrínsecas (Mortazavi et al., 2014; Schemel-Suaréz et al., 2017).

Podemos assim afirmar que existem dois tipos de pigmentação/descoloração dentária, a intrínseca e extrínseca (Mortazavi et al., 2014; Schemel-Suaréz et al., 2017).

2.1 Pigmentação Intrínseca

As pigmentações intrínsecas têm origem em agentes internos, que podem circular na corrente sanguínea e impregnar o interior do dente. Podem ter origem fisiológica, patológica ou farmacológica. A pigmentação em si acontece quando esse pigmento se deposita no tecido formado ou em formação (Mortazavi et al., 2014; Rodrigues, 2013).

Alguns exemplos de pigmentação intrínseca são o envelhecimento, que consiste na deposição de dentina secundária e terciária ou formação de cálculos pulpaes. Para além disso com o passar o tempo o esmalte vai-se tornando cada vez mais desgastado e translucido e como a dentina possui uma cor mais amarelada é notada mais facilmente (Mortazavi et al., 2014). Outro exemplo bastante comum é a pigmentação causada pela toma de tetraciclina quando o dente está em desenvolvimento, quer em crianças jovens quer em mulheres grávidas (Fearon, 2009; Mortazavi et al., 2014).

Como outros exemplos podemos ter a exposição elevada ao flúor (fluorose), cárie dentária (*white spots*), restaurações, especialmente de amálgama, (com cáries ou não), traumas que tornem o dente não vital, hemorragia pulpar, reabsorção radicular ou qualquer outra condição que provoque distúrbios na formação da peça dentária como, por exemplo, a amelogenese imperfeita (Carey, 2014; Fearon, 2009; Mortazavi et al., 2014; Rodrigues, 2013).

A literatura informa-nos que o branqueamento dentário deve ser tido em conta para remoção de pigmentações intrínsecas, mas que a causa da mesma deve ser primeiro estudada para tentar prever o resultado (Rodrigues, 2013).

Por exemplo, uma pigmentação por consumo de tetraciclina durante a formação do dente será de muito mais difícil remoção, quando se recorre ao branqueamento dentário, comparativamente à remoção da coloração amarelada relacionada com o envelhecimento (Fearon, 2009).

2.2 Pigmentação Extrínseca

A pigmentação extrínseca ocorre quando um agente cromogénico se deposita na superfície dentária formando uma espécie de película adquirida. Na maioria dos casos, a

pigmentação extrínseca resulta de fatores da dieta ou hábitos tabágicos (Carey, 2014; Rodrigues, 2013).

Relativamente à dieta, os alimentos que contenham taninos, como o vinho tinto, café, chá e cerveja, ou carotenos como a cenoura, laranja e beterraba ou um pH mais ácido são conhecidos pela sua capacidade de pigmentar extrinsecamente o dente (Fearon, 2009). Os hábitos tabágicos, quer a fumar quer a mastigar também provocam pigmentação (Fearon, 2009). A própria higiene oral também possui um papel ativo na pigmentação extrínseca dos dentes, uma acumulação de placa bacteriana e posterior formação de tártaro confere uma cor mais amarela ou até mesmo acastanhada. População residente em zonas industriais que são expostas diariamente a ferro, manganês e prata estão propícias a uma pigmentação tipicamente escurecida. Outros metais pesados também estão associados a pigmentações específicas (Rodrigues, 2013).

3. Branqueamento Dentário

Considerada no passado como privilégio, a estética dentária é, no panorama atual, um tema que inquieta uma grande percentagem da população, apresentando-se como um dos principais desejos dos pacientes que visitam o médico dentista e sendo muitas vezes priorizada quando comparada à própria saúde oral. Efetivamente, os padrões impostos pela sociedade exigem um sorriso harmonioso e atraente, associando-se a cor esbranquiçada a saúde dentária. Estudos indicam que a maioria dos pacientes está insatisfeito com a cor dos seus dentes (Feitosa et al., 2010; Silva et al., 2019). Desta forma, relativamente à procura pela estética dentária, os objetivos são, fundamentalmente, a cor clara e o alinhamento dentário, aspetos que influenciam diretamente a autoestima e participação na vida social de muitos pacientes. Para tentar corrigir estas imperfeições, os pacientes podem recorrer a várias opções como as restaurações com resina composta direta, facetas, coroas cerâmicas, branqueamento em consultório, entre outros. No entanto, a solução mais comumente utilizada passa pela popular procura e utilização de pastas dentífricas branqueadoras, uma vez que, para além de surgirem como um mecanismo conservador, a sua aquisição é muito facilitada através da venda em supermercados e farmácias com um preço acessível (Monteiro, 2019; Shamel et al., 2019).

Inúmeros estudos sugerem que o branqueamento dentário transforma morfológicamente a superfície do esmalte, de forma erosiva, tendo como objetivo aclarar a cor do dente (Carey, 2014; Coceska et al., 2015; Naik et al., 2006).

O recurso ao branqueamento dentário pode ser utilizado para branquear a face externa dos dentes, denominando-se branqueamento vital ou, quando aplicados no interior do dente, na câmara pulpar, de branqueamento não vital (Naik et al., 2006; Rodrigues, 2013).

3.1 Indicações para branqueamento dentário

O principal impulsionador para a realização do branqueamento dentário é, por norma, o próprio paciente quando este se encontra insatisfeito com a cor da arcada dentária. Estudos indicam que a ausência do considerado “sorriso ideal” pode provocar uma diminuição na autoestima, na participação na vida social dos pacientes e, consequentemente, uma diminuição na qualidade de vida. Mesmo tendo conhecimento das diversas opções, o branqueamento dentário apresenta características apelativas como o facto de ser menos invasivo e menos dispendioso do que os restantes tratamentos, tornando-se na opção de eleição (Fearon, 2009; Feitosa et al., 2010; Monteiro, 2019; E. Silva et al., 2019).

Em situações em que exista uma restauração mais clareada relativamente ao resto da arcada, é possível recorrer ao branqueamento dentário, tendo este um maior efeito no esmalte do que na resina composta, o que vai permitir igualar ou aproximar a cor dos dentes à cor da restauração (Fearon, 2009).

3.2 Contraindicações para branqueamento dentário

Aquando da utilização de um agente branqueador, torna-se fulcral o conhecimento relativo aos constituintes e mecanismos de ação associados, uma vez que podem surgir situações de alergia a qualquer um dos componentes e, desta forma, o agente branqueador torna-se contraindicado (Rodrigues, 2013).

Pacientes com distúrbios na articulação temporomandibular apresentam-se como possivelmente não aptos para a realização de branqueamento dentário pela impossibilidade ou dificuldade de abertura suficiente da cavidade oral ou por possível

agravamento dos sintomas. Situações de hipersensibilidade dentária podem ser também uma contra-indicação, uma vez que a desmineralização provocada pelo agente branqueador, pode agravar este sintoma (Carvalho et al., 2008).

Apesar de não existir ainda evidência concreta relativamente a pacientes grávidas ou amamentar, o estudo de Carvalho *et al.*, (2008) refere que poderá ser também uma contraindicação.

É de notar que a desmineralização do esmalte, provocada pelos agentes branqueadores, aumenta a sua translucidez, provocando uma diminuição na espessura dos bordos incisais que se tornam extremamente translucidos. Isto pode prejudicar o aspeto da peça dentária, podendo não ser o desejado pelo paciente (Rodrigues, 2013).

4. Agentes Branqueadores

Foi no ano de 1884 que Harlan registou uma das primeiras utilizações de agentes branqueadores, sendo eleito, no caso, o peróxido de hidrogénio. Toda a sua investigação sobre este tema proporcionou que as técnicas que conhecemos hoje em dia se tornassem seguras e cada vez mais procuradas pelos pacientes (Rodrigues, 2013).

Os agentes branqueadores mais comumente constituintes dos produtos branqueadores são o peróxido de hidrogénio (H_2O_2), que pode ser usado na sua forma original ou peróxido de carbamida, um complexo estável derivado do primeiro e que, ao entrar em contacto com água, liberta peróxido de hidrogénio (Carey, 2014). Uma vez que o pH do peróxido de hidrogénio é inferior ao do peróxido de carbamida e supondo que o tempo de atuação será o mesmo, é possível afirmar que o peróxido de hidrogénio provocará maior desmineralização por esse mesmo motivo (Rodrigues, 2013). A permeabilidade do esmalte e da dentina, em conjunto com a baixo peso molecular dos agentes branqueadores, permite fácil acesso ao peróxido de hidrogénio (Coceska et al., 2015).

De forma a tentar obter melhores resultados no branqueamento dentário, os agentes mencionados surgem acoplados a um agente ativador como o calor e/ou luz, estando este efeito ainda em estudo (Rodrigues, 2013).

4.1 Elementos Ativos

4.1.1 Peróxido de Hidrogénio

O peróxido de hidrogénio (H_2O_2) é um líquido incolor com uma viscosidade ligeiramente superior à da água (H_2O). Tendo um baixo peso molecular de 34,01 g/mol, como referido anteriormente, tem facilidade em penetrar pelo esmalte e dentina, onde ocorrerá oxidação dos pigmentos.

É de notar que o peróxido de hidrogénio não interage exclusivamente com os pigmentos, reagindo igualmente com a estrutura do dente em si. Cabe ao médico dentista identificar a concentração e duração seguras sem comprometer os resultados do branqueamento (Kwon & Wertz, 2015).

Para o branqueamento dentário o peróxido de hidrogénio é usado preferencialmente em gel, numa percentagem até 35% ou originado a partir de um gel de peróxido de carbamida ($\text{CH}_6\text{N}_2\text{O}_3$) (Marshall et al., 1995; Rodrigues, 2013).

A literatura refere que, utilizando este agente branqueador em consultório e tendo em conta a sua concentração, é aconselhável recorrer a algum tipo de proteção para os tecidos moles intra e extra orais do paciente, como gengiva, lábios, bochechas e língua (Rodrigues, 2013).

4.1.2 Peróxido de Carbamida

O peróxido de carbamida ($\text{CH}_6\text{N}_2\text{O}_3$) apresenta-se como uma substância cristalina, de cor esbranquiçada, que liberta oxigénio (O_2) quando em contacto com água (H_2O). Este agente branqueador vai degradar-se em 3,5% de peróxido de hidrogénio e 6,5% de ureia, considerando um gel de 10% de peróxido de carbamida (Kwon & Wertz, 2015; Marshall et al., 1995; Rodrigues, 2013).

A ureia, proveniente da degradação deste agente branqueador, apresenta propriedades proteolíticas que podem afetar a eficácia do branqueamento e vai degrada-se, por sua vez, em amoníaco e água. O facto de o valor de pH do amoníaco (NH_3) ser elevado, pode proporcionar um efeito benéfico para a prevenção de cárie dentária, melhorando os

resultados do branqueamento. Os produtos de peróxido de carbamida geralmente apresentam-se em conjunto com uma base de carbopol ou glicerina. O primeiro vai retardar a libertação do peróxido de hidrogénio, resultando num efeito branqueador por um período de tempo superior, sendo possível obter resultados de maior eficácia (Kwon & Wertz, 2015; Rodrigues, 2013).

Sendo o peróxido de carbamida um derivado do peróxido de hidrogénio, a Ordem dos Médicos Dentistas (OMD) (2013) refere que 1% de peróxido de hidrogénio equivale a 2,77% de peróxido de carbamida. A utilização deste agente branqueador pode ser feita em consultório, com concentrações de 35%, ou em ambulatório, com concentrações de 10%, 15% e 16% (Rodrigues, 2013).

4.2 Mecanismos de Ação

O mecanismo de ação destes agentes branqueadores consiste na oxidação de moléculas cromóforas, compostos orgânicos que alteram a cor da superfície dentária.

A decomposição de peróxido de hidrogénio resulta em moléculas de oxigénio, água e potentes radicais livres de hidroperoxila, encarregues de oxidar as moléculas de pigmentação, quebrando as ligações duplas conjugadas e resultando em moléculas incolores mais pequenas (Coceska et al., 2015; Kwon & Wertz, 2015) (Figura 3).

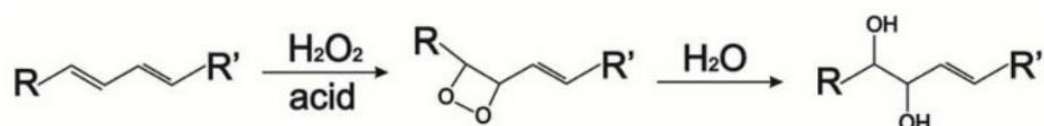


Figura 3 – Oxidação de uma molécula cromófora por parte do peróxido de hidrogénio (Carey, 2014).

O branqueamento dentário resulta de um processo dinâmico composto por três etapas: a difusão do elemento ativo, a interação do elemento ativo com o pigmento e alterações micromorfológicas. O resultado destas três etapas será a cor final da superfície dentária com o branqueamento propriamente dito. Idealmente, este processo pretende otimizar o branqueamento e minimizar os defeitos na estrutura dentária (Kwon & Wertz, 2015) (Figura 4).

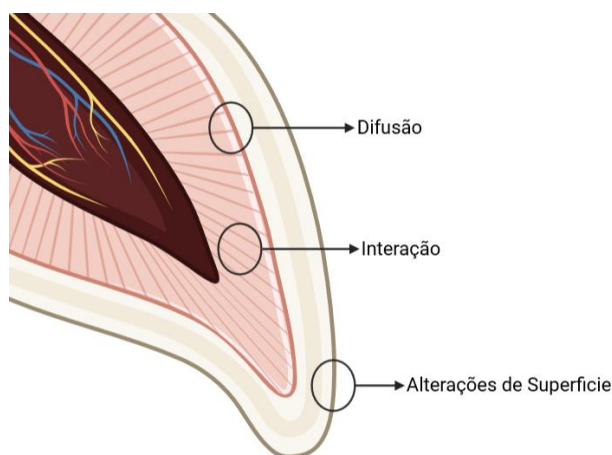


Figura 4 – Exemplificação das 3 fases do mecanismo do branqueamento dentário (Imagem original criada no BioRender.com).

4.2.1 Difusão

A primeira etapa para o branqueamento dentário torna-se imprescindível para que o peróxido de hidrogénio penetre no esmalte e, consequentemente, na dentina, de maneira a poder interagir com a molécula cromofórica causadora da pigmentação. A literatura refere que, tanto o esmalte como a dentina são altamente permeáveis a fluídos, facilitando a impregnação do peróxido de hidrogénio (Kwon & Wertz, 2015).

4.2.2 Interação

Na segunda etapa para o branqueamento dentário, denominada de interação, o agente branqueador vai interagir com o cromóforo orgânico. Quando os radicais livres e as moléculas de oxigénio encontram uma pigmentação vão oxidá-la, tornando-a numa molécula mais simples e alterando as suas propriedades óticas, oferecendo o efeito de coloração diminuída. Como produtos desta reação de oxidação surgem moléculas com menor peso molecular, mais fáceis de ser posteriormente eliminadas e com menos características óticas (Kwon & Wertz, 2015).

Apesar de se crer que é este o mecanismo que simplifica as moléculas cromofóricas, não é totalmente conhecido o mecanismo de reação do agente branqueador com o pigmento.

4.2.3 Alteração da Superfície

A percepção da cor de cada dente é influenciada por diversos fatores, incluindo as condições de luminosidade. As características e complexas propriedades óticas do tecido mineralizado, em conjunto com a pigmentação extrínseca e intrínseca, dificultam a percepção da cor da superfície dentária (Kwon & Wertz, 2015).

O esmalte sofre alterações micromorfológicas na sua camada mais superficial devido à desprotonação, desmineralização e oxidação e, conseqüentemente, ocorre uma alteração na densidade do mesmo, tornando a distribuição dos cristais de hidroxiapatite menos compacta, resultando num aumento do índice de refração (Perdigão, 2016; Silva, 2020).

Um componente inovador, estudado nesta investigação, é o pigmento *blue covarine* que se baseia num agente branqueador que se deposita na superfície do dente na forma de camada que altera as propriedades óticas do dente (Kwon & Wertz, 2015).

5. Pastas Dentífricas

As pastas dentífricas são, nos dias de hoje, globalmente utilizadas em conjunto com a escova de dentes como agentes de higiene oral. Um dos principais componentes das pastas comercializadas é o flúor (F^-), responsável pela prevenção da cárie dentária, contribuindo para a remineralização do esmalte. As pastas dentífricas com flúor proporcionam resultados superiores de saúde e prevenção quando comparadas a pastas sem flúor (Makky et al., 2018).

A função principal de uma pasta dentífrica, quando utilizada corretamente, no mínimo duas vezes por dia e preferencialmente trinta minutos após uma refeição ou *snack* devido ao pH dos alimentos que podem potencializar o desgaste erosivo da escovagem, consiste na remoção da placa bacteriana através da escovagem (Makky et al., 2018).

Apesar do conceito permanecer simples, as indústrias de pasta dentífrica têm estado em constante evolução, pelo que podemos encontrar no mercado inúmeras pastas com componentes que auxiliem na prevenção da cárie dentária, gengivite, doença periodontal, acúmulo de placa, xerostomia, halitose, erosão e sensibilidade dentária e componentes que alterem o sabor cor e aroma das pastas (Lippert, 2013; Makky et al., 2018; Silva et

al., 2019). Para além dos componentes associados à prevenção, existem componentes abrasivos ou óticos que têm como premissa branquear os dentes (Lippert, 2013).

5.1 Pastas Dentífricas com Agentes Branqueadores

Relativamente aos componentes associados ao branqueamento dentário, responsáveis pela remoção e prevenção de pigmentações extrínsecas (ou intrínsecas, muito raramente), estes podem ser divididos em agentes branqueadores mecânicos, químicos e óticos, dependendo do seu modo de ação (Lippert, 2013) (Figura 5).

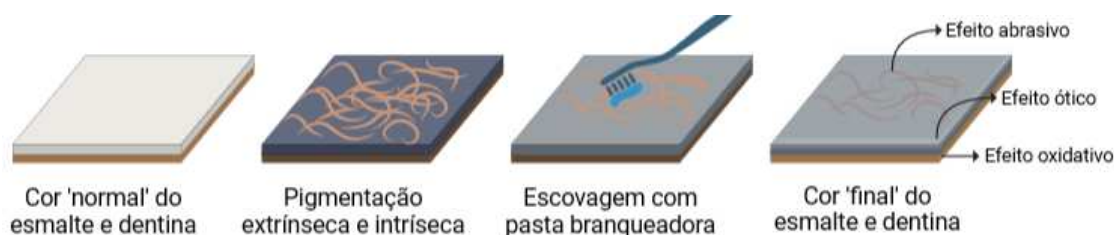


Figura 5 – Antropomorfização das tecnologias branqueadoras (Imagem original criada no BioRender.com).

Estes produtos aclaram o dente removendo pigmentações extrínsecas que podem voltar a formar-se rapidamente (por exemplo, no caso dos indivíduos fumadores ou consumidores de café) e que, relativamente à pigmentação intrínseca do dente, as pastas terão um efeito quase nulo (Greenwall et al., 2019; Koc Vural et al., 2021; Lippert, 2013).

Embora as pastas dentífricas com peróxido de hidrogénio tenham sido comercializadas, os dados relativos à sua eficácia são controversos, uma vez que o peróxido de hidrogénio apresenta uma difícil estabilização nas formulações das pastas dentífricas. Nessas pastas, as concentrações utilizadas (aprox. 1% p/p) combinadas com o curto período de tempo representativo da escovagem, não são suficiente para proporcionar um benefício de branqueamento significativamente aceitável (Lippert, 2013).

Os tipos de agentes branqueadores mais comuns nas pastas dentífricas branqueadoras são os de carácter abrasivo. A abrasividade de qualquer pasta depende de vários fatores como a dureza, tamanho, forma e pH das partículas (Machado, 2017; Oliveira, 2019).

O grau de abrasividade de uma pasta dentífrica é expressa numa escala numérica através da Abrasividade Relativa da Dentina (RDA) e da Abrasividade Relativa do Esmalte

(REA). Uma abrasividade inferior a 60RDA é considerada baixa, dos 60RDA aos 100RDA é considerada média e superior a 100RDA é considerada alta (Machado, 2017).

De acordo com a *Food and Drug Administration* (FDA), o valor máximo de RDA não deverá exceder os 200 para o seu uso diário ser seguro. A maioria das pastas dentífricas comercializadas em Portugal optam por omitir os respetivos valores de abrasividade, não sendo possível inferir um valor de RDA para cada tipo de pasta utilizada na presente investigação (Hamza, 2020; Oliveira, 2019).

5.1.1 Carvão Ativado

As pastas dentífricas à base de carvão ativado são produtos de higiene oral destinados à escovagem dos dentes e, alegadamente, branqueamento dentário. Para além do carvão ativado, esta pasta dentífrica é composta por enzimas e, em certos casos, agentes óticos (Greenwall et al., 2019).

Nos constituintes de diversas pastas com carvão ativado podemos encontrar inúmeros tipos de agentes abrasivos, uns mais potentes que outros, sendo o mais comum a sílica. Quanto mais abrasiva for a formulação, mais eficaz será a remoção de pigmentação extrínseca. Por outro lado, os depósitos naturais da superfície do dente serão igualmente removidos, resultando numa perda de esmalte e consequente aumento da rugosidade (Greenwall et al., 2019; Vural et al., 2021).

Relativamente à higienização e escovagem mecânica, estas funcionam de uma forma semelhante às pastas de dentes vulgares, sendo considerado mais relevante o tipo de escova utilizada, a técnica utilizada na escovagem e o tempo de escovagem, comparativamente aos constituintes da própria pasta (Greenwall et al., 2019; Vural et al., 2021).

O método de ação do carvão ativado baseia-se na adesão a todos os depósitos, bactérias e pigmentos presentes na superfície dentária, devido à sua alta área de superfície e por ser uma substância bastante porosa (Greenwall et al., 2019; Vural et al., 2021).

É de salientar que todos estas informações carecem de evidencia científica relevante e devidamente fundamentada na literatura, sendo muito manipulada pelas companhias vendedoras destes produtos (Greenwall et al., 2019).

5.1.2 *Blue Covarine*

A Comissão Internacional da Iluminação (CIE) desenvolveu, em 1976, um sistema de notação de cores denominado de CIE $L^*a^*b^*$, sendo este o mais utilizado para avaliar a cor em investigações *in vivo* e *in vitro* (Pérez et al., 2016).

A variável “ L^* ” representa os valores da luminosidade, “ a^* ” representa a variação da cor no eixo verde-vermelho e “ b^* ” a variação da cor no eixo amarelo-azul. A nível de percepção de branqueamento, o eixo “ b^* ” diminui de forma mais rápida e em maior grau, relativamente as outras variáveis, sendo este eixo o indicador de branqueamento mais importante (Oliveira et al., 2016; Pérez et al., 2016).

As pastas dentífricas branqueadoras que possuem o pigmento *blue covarine* surgiram recentemente no mercado e possuem um agente branqueador que tem um efeito ótico na cor da superfície do dente, alterando a percepção da mesma (Tao et al., 2017; Vaz et al., 2019).

O efeito ótico baseia-se na alteração da cor aparente da superfície dos dentes, ao depositar uniformemente um revestimento fino e semitransparente de pigmento azulado na mesma. Este revestimento modifica, instantaneamente, a interação e percepção da luz incidente, sendo isto uma vantagem deste agente e resultando em que dentes amarelados transmitam o efeito de estar clareados e brilhantes, devido à alteração do eixo b^* (Pérez et al., 2016; Tao et al., 2017; Vaz et al., 2019).

Baseando-se no princípio de que este revestimento simula o branqueamento, Tao, *et al.* (2017) concluiu que a eficácia destas pastas é diretamente proporcional à concentração de pigmento na pasta em si. Analisando os demais componentes das pastas branqueadoras à base de *Blue Covarine*, podemos constatar que possuem partículas modificadas de sílica, demonstrando um efeito abrasivo (Vaz et al., 2019).

Um dos efeitos em que a literatura ainda discorda, consiste na interação do pigmento azul em dentes com colorações extremamente amareladas ou acinzentadas, uma vez que a soma destas cores poderia variar e não ir de acordo com o tom branco desejado (M. Oliveira et al., 2016).

5.1.3 Microesferas Abrasivas

Relativamente aos agentes abrasivos, os mais comuns, presentes nas diversas pastas branqueadoras vendidas no mercado são: carbonato de cálcio, sílica hidratada (ou dióxido de sílica), fosfato dicálcico, óxido de alumínio e bicarbonato de sódio. Todos estes auxiliam na remoção de biofilme e de agentes cromogénicos que estão aderidos na superfície dentária, possuindo um modo de ação baseado na remoção mecânica da pigmentação. O uso diário de agentes abrasivos pode ser prejudicial para a estabilidade do esmalte, podendo provocar desgaste (levando à exposição dentinária) e aumentar a sua rugosidade (Epple et al., 2019; Vaz et al., 2019).

Em alguns países, existem diversas restrições relativas ao uso de microesferas nas pastas dentífricas e outros produtos de cosmética. Tal pode ter justificação no seu tamanho de 1 micron (μm) até 1 milímetro (mm), que os permite ultrapassar os filtros de algumas estações de tratamento de água, tornando-se em agentes poluentes, apesar de terem um baixo impacto devido ao seu peso (Cheung & Fok, 2016).

Este agente tem como limitação apenas remover pigmentação extrínseca e, dependendo dos hábitos do paciente, as mesmas podem se voltar a formar rapidamente, ao contrário do branqueamento com peróxidos (Vaz et al., 2019).

6. Avaliação da Rugosidade

Diferentes métodos de análise estão disponíveis para caracterizar uma superfície. Todos os instrumentos que o fazem, oferecem uma ampla faixa de medição para diversos fatores e, consequentemente, são amplamente utilizados, individualmente ou em simultâneo, para avaliar a superfície de diversos materiais (Gujrati et al., 2018).

Os métodos que avaliam os diferentes parâmetros de rugosidade de uma superfície podem ser divididos em métodos quantitativos e qualitativos. Um exemplo de método

quantitativo é a perfilometria. Como exemplos de métodos qualitativos existe a microscopia ótica, a eletrónica de varrimento e a de força atómica (Reis, 2017).

6.1 Perfilometria

A análise da rugosidade recorrendo à perfilometria dá-nos dados topográficos de um ponto, linha ou superfície em duas (2D) ou três dimensões (3D). Apresentam-se como dados topográficos a morfologia da superfície em questão, degraus e rugosidade (Mei & Guan, 2023; Rios, 2016).

Existem dois métodos de perfilometria para obtenção destes dados, por meio de uma sonda ou por meio de uma fonte de luz, sendo ambos uma análise não destrutiva e não requerendo nenhum preparo prévio da amostra. Na perfilometria por meio de uma sonda, os dados são recolhidos através do contacto feito pelo movimento da sonda na superfície da amostra. Na perfilometria por meio de uma fonte de luz, os dados são recolhidos sem contacto, pela análise das reflexões, interferências e projeções da luz. O primeiro método tem como vantagens não ser necessário ter em atenção o tipo de material (e as suas características óticas) e ter uma alta resolução no eixo Z. Como desvantagens, surgem a contaminação sonda-amostra e vice-versa, uma baixa resolução lateral quando a amostra tem degraus profundos e o facto de ser um método lento. Por sua vez, o segundo método tem como vantagem ser bastante mais rápido. Como desvantagem, ao contrário do primeiro método, existe dificuldade em analisar certos tipos de materiais, como transparentes ou translúcidos e refletores devido às suas propriedades com a luz. Para além disso, a amostra tem de estar completamente limpa e sem qualquer detrito que possa modificar o comportamento da luz (Gujrati et al., 2018; Kakaboura et al., 2007; Las Casas et al., 2008; Mei & Guan, 2023; Rios, 2016).

6.2 Microscópio Eletrónico de Varrimento

Para analisar com detalhe a superfície de um material, podemos recorrer à microscopia eletrónica de varrimento (MEV). Este instrumento versátil permite observar a topografia dimensional da superfície de uma amostra (Jorne, 2018; Machado, 2020).

Este microscópio funciona através da impulsão de eletrões de alta energia e posterior análise da resposta desses eletrões e raios-x quando embatem na superfície. Estes eletrões dispersos e emitidos pela superfície da amostra fornecem informação sobre a topografia, morfologia, composição, bem como, orientação do material (Akhtar et al., 2018; Jorne, 2018; Vernon-Parry, 2000).

É de notar que o material a ser analisado com o SEM tem de ser condutor de eletricidade. Materiais que não o sejam, têm de ser revestidos com uma camada de material condutor, como metal ou carbono. Independentemente disso, a análise recorrendo ao SEM é de baixa dificuldade requerendo uma facilitada preparação prévia (Akhtar et al., 2018).

6.3 Microscópio de Força Atómica

O primeiro microscópio de força atómica (AFM) foi introduzido por Gerd Binnig, Calvin Quate e Christoph Gerber, em 1986, como um instrumento eficaz para recriar imagens, medir e documentar as características da superfície de um material em tempo real. Desde então, tem sido usado em larga escala em diversas áreas científicas, incluindo a medicina e a medicina dentária (Mei & Guan, 2023).

A análise dos dados topográficos de uma superfície recorrendo ao AFM, possui uma elevada resolução e pode ser obtida em 2D ou 3D. Na análise 3D, a topografia é feita a nível micro e nanométrico e é obtida pela medição das forças entre uma ponta afiada (raio menor que 10nm) e a superfície em questão, a uma distância ente 0,2nm a 10nm. O mecanismo que permite o traçar da superfície baseia-se na ponta previamente referida, suportada num *cantilever* flexível, com um mecanismo em mola que regista as forças de repulsão e atração entre a ponta e a amostra, de forma bastante precisa (De Oliveira et al., 2012; Lopes, 2016; Mei & Guan, 2023; Mohebi et al., 2017; Reis, 2017).

À semelhança de outros métodos previamente abordados, este tem como vantagem não ser destrutivo, apesar de ser necessário uma prévia preparação das amostras, permitindo avaliar a rugosidade antes, durante e após tratamentos como a escovagem (Lopes, 2016; Mohebi et al., 2017; Reis, 2017).

O AFM permite obter dados quantitativos e qualitativos da superfície da amostra, permitindo uma avaliação da rugosidade minuciosa (Lopes, 2016; Mei & Guan, 2023).

II. OBJETIVO

O objetivo deste estudo foi:

Avaliar o efeito, *in vitro*, dos diferentes tipos de componentes das pastas dentífricas branqueadoras na rugosidade da superfície dentária a curto e longo prazo.

III. HIPÓTESES DE ESTUDO

Hipótese Nula 1:

As pastas dentífricas branqueadoras utilizadas neste estudo não influenciam a rugosidade da superfície dentária a curto prazo.

Hipótese Nula 2:

As pastas dentífricas branqueadoras utilizadas neste estudo não influenciam a rugosidade da superfície dentária a longo prazo.

Hipótese Alternativa 1:

As pastas dentífricas branqueadoras utilizadas neste estudo influenciam a rugosidade da superfície dentária a curto prazo.

Hipótese Alternativa 2:

As pastas dentífricas branqueadoras utilizadas neste estudo influenciam a rugosidade da superfície dentária a longo prazo.

IV. MATERIAIS E MÉTODOS

1. Tipo de estudo

Este trabalho é uma investigação primária aplicada com uma metodologia quantitativa e um desenho de estudo experimental com o objetivo de avaliar os efeitos de diferentes pastas dentífricas branqueadoras na rugosidade da superfície do esmalte. O estudo decorreu durante quinze/três dias de escovagem realizada em ciclos de acordo com o respetivo protocolo. A rugosidade foi avaliada com recurso a um Microscópio de Força Atómica - AFM *Workshop* TT (AFMWorkshop, Signal Hill, California, EUA).

2. Considerações éticas

Durante a etapa de proposta de tese este estudo de investigação foi submetido à Comissão de Ética da Egas Moniz School of Health and Science (**Anexo 1**), obtendo parecer positivo. Os dentes molares, material biológico usado nesta investigação como amostra, foram obtidos a partir do Banco de Dentes Humanos (BDH) da Clínica Dentária Egas Moniz (CDEM). É de salientar que todos os dentes doados a este BDH são obtidos com o devido consentimento de todos os pacientes para utilização dos dentes como amostra de estudo. De modo a poder usufruir do BDH foi necessário o preenchimento de um requerimento na plataforma de submissão de proposta de tese onde foi obtido um parecer positivo por parte da Direção Clínica (**Anexo 2**).

3. Local de realização do estudo

Este projeto de investigação foi realizado no Laboratório de Biomateriais do Instituto Universitário Egas Moniz (IUEM), no Laboratório de Microscopia de Força Atómica do Departamento de Química da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa (FCT-UNL) e no Laboratório de Microscopia de Força Atómica do Departamento de Química e Bioquímica da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (FCUP), durante os meses de julho e agosto de 2023.

4. Amostra estudada

A amostra utilizada para a realização deste estudo foram doze molares hígidos extraídos na CDEM (Figura 6). Quando os dentes são extraídos, todos seguem o protocolo do Banco de Dentes Humanos (BDH), ou seja, foram lavados em água corrente com detergente (sabão, por exemplo) e escova/esponja, e, de seguida, foi feita raspagem para remoção de restos orgânicos e tártaro. Os dentes foram colocados em Tihidrato de Cloramina a 0,5% durante uma semana e depois permaneceram armazenados em água destilada, trocada semanalmente, num frigorífico a 4°C (ISO/TS 11405:2015 e ISO 29022:2013).



Figura 6 – Molar recolhido do BDH utilizado nesta investigação.

4.1 Critérios de inclusão e exclusão

De modo a conter o máximo de variáveis possíveis para a realização deste estudo foram definidos critérios de inclusão e de exclusão para aplicar na recolha dos dentes. Para serem incluídos nesta investigação cada dente tem de respeitar estes critérios.

4.1.1 Critérios de inclusão

1. Molares hígidos
2. Molares sem qualquer lesão de cárie
3. Molares sem qualquer restauração

4.1.2 Critérios de exclusão

1. Molares cariados
2. Molares previamente restaurados
3. Molares fissurados (no esmalte)
4. Molares com condições que afetam a formação de esmalte (amelogénese imperfeita, por exemplo).

5. Materiais

- Molares hígidos;
- Água desionizada;
- Tihidrato de Cloramina a 0,5%;
- Saliva artificial pH=6,3-6,4 (**Anexo 4**);
- Frigorífico;
- Estufa de incubação a 37°C Memmert® (Modelo UNB 400);
- Luvas nitrilo tamanho L descartáveis Santex® (Modelo GD20BD);
- Máscaras descartáveis KN95;
- Pinça esterilizada;
- Cureta de *Gracey* para dentes posteriores esterilizada;
- Destartarizador Woodpecker® (Modelo HW-3H);
- Pasta profilática Henry Schein® (Modelo 988-4180);
- Campo cirúrgico esterilizado;
- Compressas esterilizadas;
- Tubos esterilizados de 15mL com tampa VWR® (Lote 220509058D);
- Suporte metálico para tubos de ensaio;
- Super cola-3 de cianoacrilato Loctite® (Lote 2665572);
- Escova de dentes elétrica com sensor de pressão da Oral B® (Modelo PRO 3 3700 Lote 2229B211P0);
- Cabeças de escova elétrica da Oral B® (Modelo *CrossAction* Lote 4704132-00);
- Pasta de dentes Colgate® *Total Original* (Lote 3104PL1171);
- Pasta de dentes Curaprox® *Black is White* (Lote 199MHD);
- Pasta de dentes Signal® *White Now* (Lote 2038FCA);
- Pasta de dentes Oral B® *3D White Luxe Perfection* (Lote 2306G7);
- Seringa graduada descartável de 24mL Henry Schein® (Lote 17B06C8);
- Seringas de 3mL CB Healthcare Consulting GmbH® (Lote A2270);
- Cânulas pré-curvadas descartáveis Clarben® (Lote PN00024771);
- Microscópio de Força Atômica Workshop™ (Modelo TT).

6. Métodos

De modo a obter dentes mais limpos e livres de qualquer remanescente de tecido biológico (tártaro e/ou ligamento) todos os dentes foram limpos através de raspagem com uma cureta de *Gracey* específica para dentes posteriores (7-8, 11-12 e 13-14) e um destartarizador HW-3H (Woodpecker, Guangxi, China) (Figura 7). Para descartar rugosidades acessórias todos os dentes, pós raspagem, foram polidos com uma escova profilática utilizando pasta profilática (Henry Schein, Melville, Estados Unidos da América) com pó de pedra pomes (Figura 7).



Figura 7 – Molar utilizado nesta investigação depois de higienizado e polido com pasta profilática e pedra pomes.

Sempre que a investigação estava parada, todos os dentes se encontravam armazenados em água desionizada a 4°C, trocada semanalmente.

Após todos os doze molares estarem em condições para avançar com o protocolo de preparação previamente estipulado, foram seccionados com um corte único no sentido mesial-distal, sendo possível duplicar a nossa amostra com a obtenção de 2 faces idênticas por cada dente, a vestibular (Figura 9) e a lingual/palatina. Para a realização deste corte recorremos ao micrótomo de tecidos duros disponível no Laboratório de Biomateriais do Instituto Universitário Egas Moniz, o Accutom-50 (Struers A/S, Ballerup, Dinamarca) onde foi utilizada a velocidade de corte de 0.350mm/s e rotação de 3200rpm com irrigação a água desionizada (Figura 8).



Figura 8 – Montagem e utilização do micrótomo.



Figura 9 – Amostras obtidas após corte. Face vestibular intacta para uso no estudo (lado esquerdo) e face interna antes da limpeza (lado direito).

Quando cada dente foi seccionado a sua face interna, a câmara pulpar e todos os canais da polpa ficaram expostos. De modo a conservar a amostra, todos estes remanescentes biológicos foram removidos com uma cureta de *Gracey* e foi realizado um selamento da cavidade pulpar com cola de cianoacrilato (Loctite, Bilbao, Barcelona) (Figura 10).



Figura 10 – Face interna de um dente limpa e posteriormente selada com cola de cianoacrilato.

Aquando da preparação final das 24 amostras, as mesmas foram divididas de forma homogênea, aleatoriamente, em oito grupos experimentais diferentes (cada grupo com $n=3$).

De modo a ter resultados a curto e a longo prazo, foram realizados dois protocolos de escovagem diferentes. O protocolo A visou mimetizar o comportamento humano de escovagem de um ciclo (aproximadamente 5 segundos), três vezes por dia, durante quinze dias. Por sua vez, o protocolo B consistiu numa escovagem intensa de 30 ciclos, seis vezes por dia, durante três dias, simulando o número de ciclos que obteríamos com uma escovagem de um ciclo, três vezes por dia, durante seis meses, perfazendo desta forma, igualmente, um total de 540 ciclos.

Em cada protocolo as amostras foram escovadas com os mesmos quatro tipos de pastas dentífricas. Dentro de cada protocolo, foi atribuído um grupo aleatório (dos 4 possíveis) a cada um dos quatro recipientes: um grupo controlo onde foi utilizada uma pasta convencional, Colgate® *Total Original* (Colgate – Palmolive, Portugal) (GCA/GCB); um grupo onde foi utilizada uma pasta baseada na tecnologia de branqueamento do carvão ativado Curaprox® *Black is White* (Curaden Swiss Headquarters, Suíça) (G1A/G1B); um grupo onde foi utilizada uma pasta baseada na tecnologia de branqueamento *blue covarine*, Signal® *White Now* (Unilever RA, França) (G2A/G2B) e um grupo ao qual foi utilizada uma pasta dentífrica branqueadora baseada na tecnologia de branqueamento das microesferas abrasivas, Oral B® *3D White Luxe Perfection* (Procter & Gamble, Alemanha) (G3A/G3B) (Figura 11) (Anexo 5).

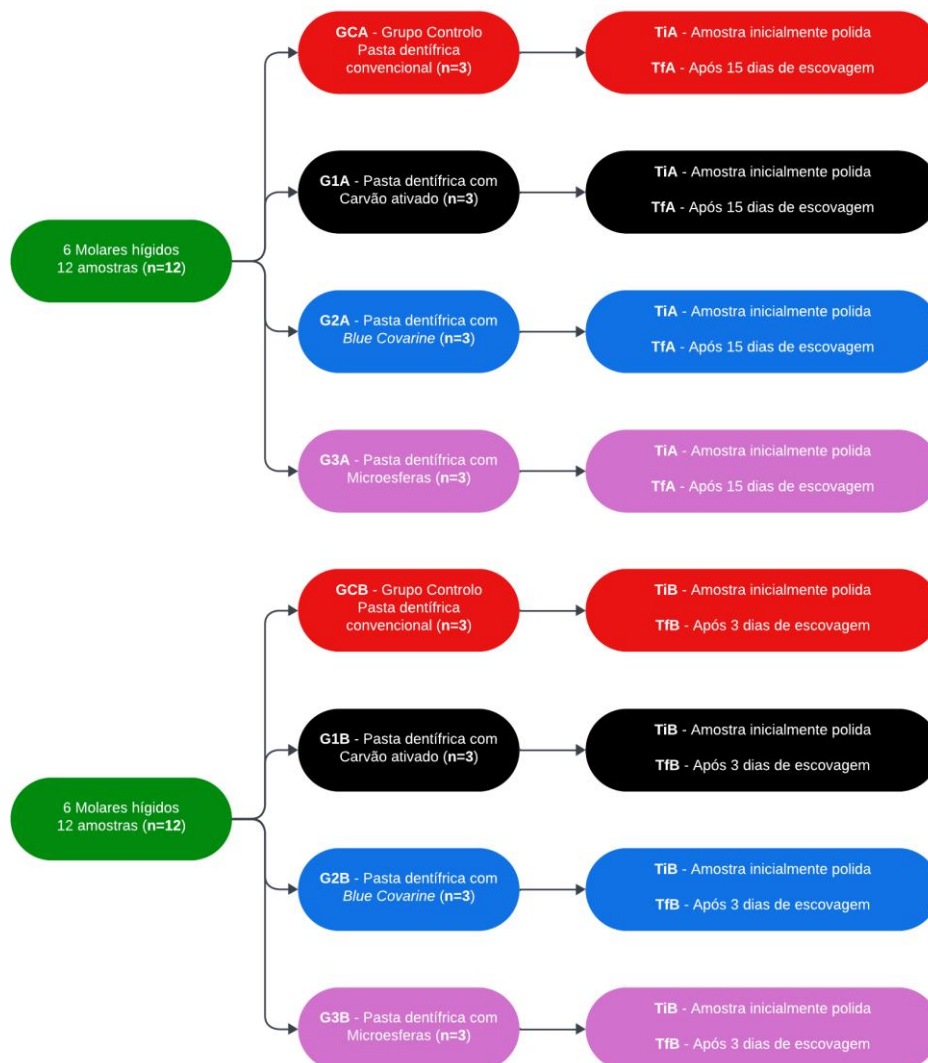


Figura 11 – Diagrama relativo à divisão e caracterização de cada grupo.

Antes da investigação propriamente dita e de modo a poder ter uma melhor manipulação das amostras dentro de cada grupo, as mesmas foram movidas do seu respetivo recipiente para um tubo esterilizado de 15 mL de capacidade (VWR, Matsonford EUA), devidamente identificado (Figura 12), no qual permaneceram submersas em água desionizada a 4°C até ser feita a primeira avaliação da rugosidade (**TiA/TiB**), através da observação e análise com o Microscópio de Força Atómica (AFM-TT), e começarem os protocolos de escovagem (Figura 13)



Figura 12 – Exemplo de tubo de amostra e amostras no suporte.

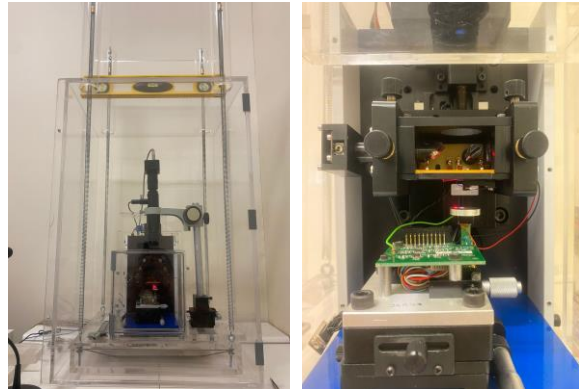


Figura 13 – AFM Workshop TT (Vista frontal e da zona de estudo da amostra).

A partir daí todos os tubos de ensaio foram movidos e armazenados numa estufa de incubação a 37°C (Memmert, Schwabach, Alemanha) e as amostras passaram a estar submersas em saliva artificial, salvo aquando da escovagem ou a partir do último dia de cada protocolo (**TfA/TfB**, décimo quinto e terceiro dia respetivamente). Depois de cada escovagem, as amostras eram lavadas com água desionizada e a saliva artificial era renovada (Figura 14) (**Anexo 4**).



Figura 14 – Grupo de amostras no suporte na estufa a 37°C em saliva artificial e respetiva saliva artificial.

Ao longo de cada protocolo de escovagem (3 e 15 dias), foi efetuada escovagem mecânica com cada pasta dentífrica no seu respectivo grupo (Figura 15).



Figura 15 – Tipos de pastas dentífricas utilizadas.

A) Colgate® *Total Original* (GC); B) Curaprox® *Black is White* (G1);
C) Signal® *White Now* (G2); D) Oral B® *3D White Luxe Perfection* (G3).

As 12 amostras do protocolo A foram submetidas a um ciclo de escovagem três vezes por dia (manhã, tarde e noite). Independentemente do protocolo foi colocada uma quantidade similar do seu respectivo tipo de pasta (6 mm x 3 mm x 2 mm, aproximadamente) em cada amostra e de seguida era feita a escovagem durante cinco segundos (1 ciclo) (Figura 16).

No protocolo B, para recriar o número de ciclos que cada face iria ser submetida ao longo de seis meses, escovando três vezes por dia, (perfazendo um total de 540 ciclos) em apenas três dias e com as devidas pausas entre escovagens foi estabelecido que as amostras do protocolo B iriam ser escovadas 30 ciclos seis vezes por dia.

Para a escovagem de todas as amostras foi utilizada a escova elétrica com sensor de pressão modelo PRO 3 3700 da marca Oral B® (Braun GmbH, Kronberg, Alemanha) de modo a minimizar o efeito da pressão. Cada grupo possuía a sua própria cabeça de escova elétrica do modelo *CrossAction* da Oral B®, de cerdas macias, para que não houvesse qualquer vestígio de outro princípio branqueador dentro de cada grupo (Figura 16).



Figura 16 – Exemplo das quantidades de pasta utilizadas (esquerda);
Escova de dentes elétrica e as quatro cabeças utilizadas (direita).

Como mencionado no diagrama de caracterização dos grupos (Figura 11) a rugosidade foi reavaliada no fim da realização de cada protocolo (**TfA/TfB**). Para todas as medições da rugosidade o modelo de Microscópio de Força Atómica e as respetivas sondas utilizadas foram os mesmos, apesar de em diferentes localizações geográficas, uma vez que o estudo foi realizado no Departamento de Química da FCT-UNL e da FCUP.

Para a análise das amostras no AFM, quer na primeira quer na última avaliação de rugosidade, as mesmas foram secas com seringa de ar durante 5 segundos de modo a evitar que qualquer substância que fosse alterar a morfologia da superfície estivesse presente aquando da análise, visto o AFM ter um elevado rigor nesta medição (Lopes, 2016; Russel et al., 2001).

As imagens de deflexão e altura das amostras foram obtidas a uma escala fixa de 0,7 Hz, usando o modo vibratório com uma resolução de 512x512 pixels. Dentro de cada amostra foi selecionada, aleatoriamente, uma região com dimensões de 40µm×40µm (Figura 17) que, posteriormente, recorrendo ao *software Gwyddion 2.63* (CMI, Brun, República Checa), permitiu obter 16 observações de 10µm×10µm, ou seja, 48 observações totais por cada grupo, em cada protocolo (em condições ideais). Uma vez que o AFM tem como limitação a variação máxima de altura de 17µm na zona a ser avaliada e tendo em conta a irregularidade da superfície do esmalte, existiram casos em que foi necessário ‘rejeitar’ algumas zonas obtidas visto terem valores atípicos. De todas as zonas aprovadas, foram registados os valores da rugosidade de superfície: ‘Average value (*Ra*)’; ‘RMS roughness (*Sq*)’ e Mean roughness (*Sa*).

O parâmetro Ra é a média, ou média aritmética, das variações de altura do perfil em relação à linha “média” da amostra (Gadelmawla et al., 2002).

O parâmetro Sq representa o valor quadrático médio dos valores ordenados dentro da área a analisar. É equivalente ao desvio padrão das alturas (Gadelmawla et al., 2002).

O parâmetro Sa é uma extensão do Ra para uma superfície, expressa em valor absoluto a diferença de altura de cada ponto em relação à média aritmética da superfície (Gadelmawla et al., 2002).

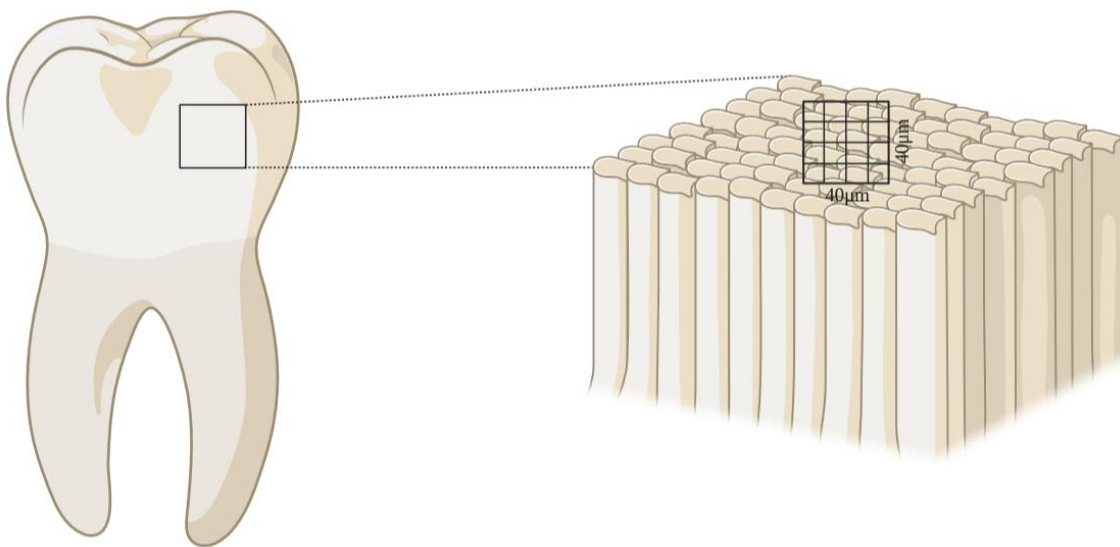


Figura 17 – Exemplo de amostra analisada no AFM (Escala em tamanho não real) (Imagem Original criada no BioRender.com).

7. Análise Estatística

Recorrendo ao programa de análise estatística *IBM SPSS Statistics*, versão 29.0 (IBM, Armonk, Nova Iorque, EUA), todos os dados obtidos nesta investigação foram reproduzidos na aplicação utilizando metodologias de análise estatística descritiva e inferencial.

De modo a verificar a existência de diferenças estatisticamente significativas entre as variações de rugosidade de cada grupo foi efetuado um teste ANOVA *one-way* com um valor de significância definido como $p \leq 0,05$. Os pressupostos de aplicação do teste

ANOVA foram previamente validados, nomeadamente no que diz respeito à verificação da adequação à normalidade dos dados.

Para testar a significância das diferenças entre os valores médios dos diversos parâmetros de rugosidade foi efetuada uma análise comparativa recorrendo ao teste Tukey HSD ($p \leq 0,05$).

A fim de avaliar os efeitos da mesma pasta dentífrica em cada um dos protocolos foi efetuado um teste de comparações múltiplas Tukey HDS ($p \leq 0,05$).

Foi fixado como valor de referência um nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$) de maneira a aceitar ou rejeitar a hipótese nula.

V. RESULTADOS

1. Caracterização da amostra

A amostra utilizada neste estudo incluiu 12 molares hígidos, provenientes do BDH da CDEM, que respeitassem os critérios de inclusão e exclusão previamente definidos. Todos os dentes foram posteriormente seccionados no sentido mesio-distal, duplicando a amostra para 24 metades idênticas.

Todas as amostras foram distribuídas de forma aleatória pelos oito grupos experimentais. Ambos os protocolos de escovagem (3 ou 15 dias) incluíram a mesma quantidade de amostras e cada protocolo incluiu 4 grupos experimentais diferentes, consoante as 4 pastas dentífricas ($n = 3$).

2. Análise estatística dos resultados obtidos pelo AFM

Cada um dos protocolos (A e B) possuía os mesmos quatro tipos de pastas (grupos), cada um com um total de 3 amostras. Foi avaliado em cada uma, os valores de rugosidade (Ra , Sq e Sa), numa instância inicial (**TiA/B**) e final (**TfA/B**). Os dados resultantes da análise descritiva dos resultados foram compilados em tabelas, de modo a facilitar a interpretação dos mesmos. Cada tabela apresenta a média, desvio padrão, mediana, mínimo e máximo (Tabela 1 a 16).

Devido a limitações com o AFM em esmalte, das 16 zonas possíveis de analisar algumas tiveram de ser rejeitadas como previamente descrito. O valor ‘z’ representa o número de zonas analisadas para obter os respetivos valores.

2.1 Resultados do Protocolo A

Grupo Controlo (TiA)

Tabela 1 – Valores relativos à rugosidade inicial do GCA.

$n=3$	Parâmetro	Média (nm)	Desv. Padrão	Mediana (nm)	Mín. (nm)	Máx. (nm)
Dente 1 (z=16)	<i>Ra</i>	320,26	129,74	273,40	188,30	669,40
	<i>Sq</i>	100,46	28,01	92,32	72,35	181,10
	<i>Sa</i>	81,87	24,73	75,87	54,93	152,50

Dente 2 (z=16)	Ra	238,68	146,02	201,20	77,10	543,00
	Sq	87,66	40,19	73,46	44,67	164,60
	Sa	69,22	31,06	58,57	34,88	133,80
Dente 3 (z=11)	Ra	497,34	149,36	495,50	227,40	750,00
	Sq	194,27	73,12	203,70	70,89	329,40
	Sa	160,83	65,15	156,60	56,08	283,80

Grupo Controlo (TfA)

Tabela 2 – Valores relativos à rugosidade final do GCA.

n=3	Parâmetro	Média (nm)	Desv. Padrão	Mediana (nm)	Mín. (nm)	Máx. (nm)
Dente 1 (z=16)	Ra	393,96	159,75	321,40	211,60	651,00
	Sq	178,95	83,33	172,80	72,19	364,60
	Sa	135,79	58,80	134,80	60,82	254,40
Dente 2 (z=16)	Ra	171,00	66,13	162,55	86,00	314,20
	Sq	78,47	33,01	79,47	36,53	142,60
	Sa	58,90	25,46	56,59	28,92	106,20
Dente 3 (z=16)	Ra	293,12	122,62	255,60	113,70	539,20
	Sq	118,39	42,63	113,60	54,57	200,80
	Sa	93,73	35,20	85,10	43,09	169,50

Grupo 1 (TiA)

Tabela 3 – Valores relativos à rugosidade inicial do G1A.

n=3	Parâmetro	Média (nm)	Desv. Padrão	Mediana (nm)	Mín. (nm)	Máx. (nm)
Dente 1 (z=14)	Ra	150,39	62,10	140,80	65,20	242,70
	Sq	74,69	37,97	69,31	28,80	170,30
	Sa	60,49	29,40	56,99	22,76	127,20
Dente 2 (z=13)	Ra	228,73	105,88	217,70	121,20	522,70
	Sq	80,57	35,83	81,55	36,02	164,60
	Sa	64,29	29,89	68,33	28,57	138,20
Dente 3 (z=15)	Ra	402,98	86,51	387,90	299,50	575,00
	Sq	184,80	60,64	183,70	98,03	328,40
	Sa	149,85	52,77	148,10	75,69	279,30

Grupo 1 (TfA)**Tabela 4** – Valores relativos à rugosidade final do G1A.

<i>n</i> =3	Parâmetro	Média (nm)	Desv. Padrão	Mediana (nm)	Mín. (nm)	Máx. (nm)
Dente 1 (z=16)	<i>Ra</i>	613,62	115,31	611,50	429,80	825,00
	<i>Sq</i>	244,66	65,89	251,55	148,80	407,20
	<i>Sa</i>	202,39	56,87	199,05	122,00	351,00
Dente 2 (z=15)	<i>Ra</i>	866,26	256,60	908,00	456,00	1290,00
	<i>Sq</i>	249,12	83,20	261,40	119,80	412,20
	<i>Sa</i>	196,68	70,52	203,30	91,50	351,20
Dente 3 (z=16)	<i>Ra</i>	504,31	345,76	376,00	238,40	1443,00
	<i>Sq</i>	166,82	68,89	159,70	88,65	370,20
	<i>Sa</i>	120,59	42,50	115,55	65,77	250,00

Grupo 2 (TiA)**Tabela 5** – Valores relativos à rugosidade inicial do G2A.

<i>n</i> =3	Parâmetro	Média (nm)	Desv. Padrão	Mediana (nm)	Mín. (nm)	Máx. (nm)
Dente 1 (z=15)	<i>Ra</i>	332,34	198,25	249,20	100,70	681,80
	<i>Sq</i>	106,54	45,25	93,97	53,82	222,20
	<i>Sa</i>	83,98	33,12	77,85	44,32	169,10
Dente 2 (z=16)	<i>Ra</i>	138,35	43,33	127,80	73,10	232,00
	<i>Sq</i>	53,44	13,03	52,34	26,17	73,20
	<i>Sa</i>	43,72	10,80	43,46	21,59	58,95
Dente 3 (z=16)	<i>Ra</i>	240,49	82,96	229,65	107,40	420,00
	<i>Sq</i>	106,46	64,29	95,95	30,09	278,20
	<i>Sa</i>	87,00	52,59	80,91	24,93	228,30

Grupo 2 (TfA)**Tabela 6** – Valores relativos à rugosidade final do G2A.

<i>n</i> =3	Parâmetro	Média (nm)	Desv. Padrão	Mediana (nm)	Mín. (nm)	Máx. (nm)
Dente 1 (z=14)	<i>Ra</i>	803,78	254,54	747,50	296,00	1162,00
	<i>Sq</i>	227,95	81,23	200,70	119,00	378,50
	<i>Sa</i>	166,68	59,97	156,90	85,4	278,20
Dente 2 (z=16)	<i>Ra</i>	695,46	352,58	555,50	295,70	13150
	<i>Sq</i>	237,56	89,95	236,10	110,80	425,20

Dente 3 (z=16)	Sa	180,63	67,06	161,65	87,40	314,70
	Ra	520,61	146,52	491,00	330,20	775,00
	Sq	224,42	66,55	216,15	129,20	345,10
	Sa	183,07	53,14	174,35	105,40	266,50

Grupo 3 (TiA)

Tabela 7 – Valores relativos à rugosidade inicial do G3A.

n=3	Parâmetro	Média (nm)	Desv. Padrão	Mediana (nm)	Mín. (nm)	Máx. (nm)
Dente 1 (z=16)	Ra	246,58	94,97	233,85	109,30	460,80
	Sq	89,01	44,92	90,82	42,06	225,10
	Sa	67,56	27,65	65,79	32,37	129,50
Dente 2 (z=16)	Ra	173,12	104,1641	137,45	106,3	522,2
	Sq	74,36	24,48053	72,735	28,43	120,5
	Sa	60,32	19,34556	58,34	22,78	101,5
Dente 3 (z=15)	Ra	210,26	87,37	185,80	105,90	355,80
	Sq	73,28	30,75	64,56	38,79	138,90
	Sa	58,59	25,18	52,46	30,88	113,10

Grupo 3 (TfA)

Tabela 8 – Valores relativos à rugosidade final do G3A

n=3	Parâmetro	Média (nm)	Desv. Padrão	Mediana (nm)	Mín. (nm)	Máx. (nm)
Dente 1 (z=14)	Ra	285,39	144,74	217,45	148,60	536,60
	Sq	97,52	37,38	94,405	51,87	172,60
	Sa	78,89	28,77	77,45	40,92	136,20
Dente 2 (z=16)	Ra	291,30	91,31	270,00	138,8	444,00
	Sq	94,97	33,20	89,54	46,59	161,90
	Sa	75,99	28,19	69,04	34,83	137,60
Dente 3 (z=15)	Ra	504,58	138,54	524,70	179,90	671,00
	Sq	182,22	46,51	200,65	97,53	251,50
	Sa	149,31	40,85	158,40	71,73	211,50

2.2 Resultados do Protocolo B

Grupo Controlo (TiB)

Tabela 9 – Valores relativos à rugosidade inicial do GCB.

<i>n</i> =3	Parâmetro	Média (nm)	Desv. Padrão	Mediana (nm)	Mín. (nm)	Máx. (nm)
Dente 1 (z=16)	<i>Ra</i>	126,29	28,72	130,55	77,10	178,70
	<i>Sq</i>	50,77	20,39	47,045	1,82	81,94
	<i>Sa</i>	41,13	17,58	38,11	1,76	72,76
Dente 2 (z=16)	<i>Ra</i>	579,34	255,23	497,50	248,10	1336,00
	<i>Sq</i>	260,29	145,04	205,45	95,97	517,40
	<i>Sa</i>	213,66	130,26	158,60	78,47	476,10
Dente 3 (z=16)	<i>Ra</i>	246,50	53,92	235,65	164,40	337,90
	<i>Sq</i>	77,76	25,91	69,85	40,15	144,50
	<i>Sa</i>	61,51	23,01	54,51	31,91	120,90

Grupo Controlo (TfB)

Tabela 10 – Valores relativos à rugosidade final do GCB.

<i>n</i> =3	Parâmetro	Média (nm)	Desv. Padrão	Mediana (nm)	Mín. (nm)	Máx. (nm)
Dente 1 (z=13)	<i>Ra</i>	141,30	60,94	122,90	89,10	260,30
	<i>Sq</i>	55,30	20,01	49,84	27,35	109,00
	<i>Sa</i>	43,79	17,63	38,64	21,47	93,00
Dente 2 (z=14)	<i>Ra</i>	242,24	76,50	232,60	136,80	380,40
	<i>Sq</i>	98,21	33,89	98,16	55,49	166,90
	<i>Sa</i>	73,74	27,19	64,59	40,18	144,40
Dente 3 (z=16)	<i>Ra</i>	508,85	135,98	487,55	268,80	769,00
	<i>Sq</i>	179,74	55,70	170,05	111,40	288,40
	<i>Sa</i>	144,63	45,44	135,80	84,90	241,90

Grupo 1 (TiB)

Tabela 11 – Valores relativos à rugosidade inicial do G1B.

<i>n</i> =3	Parâmetro	Média (nm)	Desv. Padrão	Mediana (nm)	Mín. (nm)	Máx. (nm)
Dente 1 (z=14)	<i>Ra</i>	173,26	133,98	129,35	60,20	496,10
	<i>Sq</i>	53,85	33,49	41,97	22,84	123,00

Dente 2 (z=16)	Sa	42,46	26,24	32,59	17,61	100,50
	Ra	260,64	101,99	227,60	97,20	434,90
	Sq	102,84	40,00	103,44	46,00	191,60
	Sa	83,18	34,63	76,15	33,73	165,90
Dente 3 (z=16)						
	Ra	354,20	202,08	288,10	151,20	810,00
	Sq	128,59	70,99	114,35	60,92	337,60
	Sa	104,18	61,66	88,35	48,11	296,00

Grupo 1 (TfB)

Tabela 12 – Valores relativos à rugosidade final do G1B.

n=3	Parâmetro	Média (nm)	Desv. Padrão	Mediana (nm)	Mín. (nm)	Máx. (nm)
Dente 1 (z=16)	Ra	584,42	374,62	501,55	160,40	1323,00
	Sq	170,66	115,07	150,60	41,05	402,70
	Sa	127,93	86,64	105,05	33,44	326,20
Dente 2 (z=16)	Ra	267,46	83,36	276,70	170,30	377,80
	Sq	96,25	26,85	96,62	51,18	145,70
	Sa	77,89	21,11	75,33	43,78	112,40
Dente 3 (z=16)	Ra	282,70	104,27	249,80	135,20	486,00
	Sq	112,73	50,92	94,75	51,86	228,50
	Sa	93,40	44,56	78,52	41,55	196,70

Grupo 2 (TiB)

Tabela 13 – Valores relativos à rugosidade inicial do G2B.

n=3	Parâmetro	Média (nm)	Desv. Padrão	Mediana (nm)	Mín. (nm)	Máx. (nm)
Dente 1 (z=16)	Ra	278,14	127,89	284,30	89,70	513,80
	Sq	105,33	56,97	90,99	30,94	195,70
	Sa	85,65	48,61	73,22	24,84	159,00
Dente 2 (z=16)	Ra	173,01	44,70	164,25	102,40	279,30
	Sq	66,56	21,91	63,73	39,90	109,90
	Sa	53,26	19,89	49,62	28,09	93,50
Dente 3 (z=16)	Ra	288,01	59,16	282,90	173,50	407,50
	Sq	96,42	24,40	97,66	47,09	140,60
	Sa	78,17	22,20	82,46	37,81	121,30

Grupo 2 (TfB)**Tabela 14** – Valores relativos à rugosidade final do G2B.

<i>n</i> =3	Parâmetro	Média (nm)	Desv. Padrão	Mediana (nm)	Mín. (nm)	Máx. (nm)
Dente 1 (z=16)	<i>Ra</i>	451,54	184,29	426,60	164,90	826,00
	<i>Sq</i>	188,46	104,86	186,80	66,33	487,10
	<i>Sa</i>	153,17	92,14	153,70	54,99	436,00
Dente 2 (z=16)	<i>Ra</i>	441,09	127,74	439,25	203,80	701,00
	<i>Sq</i>	154,89	67,15	127,35	61,15	314,70
	<i>Sa</i>	126,77	57,55	102,70	48,23	263,40
Dente 3 (z=15)	<i>Ra</i>	312,03	64,82	313,40	183,90	418,70
	<i>Sq</i>	104,10	23,74	97,46	76,78	176,50
	<i>Sa</i>	83,99	22,07	79,40	59,67	147,80

Grupo 3 (TiB)**Tabela 15** – Valores relativos à rugosidade inicial do G3B.

<i>n</i> =3	Parâmetro	Média (nm)	Desv. Padrão	Mediana (nm)	Mín. (nm)	Máx. (nm)
Dente 1 (z=16)	<i>Ra</i>	397,37	82,09	391,70	221,70	553,00
	<i>Sq</i>	148,46	29,18	143,15	91,91	2180,00
	<i>Sa</i>	121,92	26,88	114,75	64,93	180,60
Dente 2 (z=13)	<i>Ra</i>	206,71	135,55	172,00	74,6	483,30
	<i>Sq</i>	73,93	43,46	65,32	22,14	164,60
	<i>Sa</i>	60,79	37,07	53,44	17,51	138,50
Dente 3 (z=14)	<i>Ra</i>	193,21	77,38	168,15	109,70	321,20
	<i>Sq</i>	73,73	30,64	55,71	41,95	142,30
	<i>Sa</i>	60,48	27,36	45,86	33,11	120,90

Grupo 3 (TfB)**Tabela 16** – Valores relativos à rugosidade final do G3B.

<i>n</i> =3	Parâmetro	Média (nm)	Desv. Padrão	Mediana (nm)	Mín. (nm)	Máx. (nm)
Dente 1 (z=16)	<i>Ra</i>	350,86	119,43	321,65	203,90	581,00
	<i>Sq</i>	137,06	41,77	119,00	82,06	195,20
	<i>Sa</i>	113,68	36,16	97,05	60,9	164,10

Dente 2 (z=15)	Ra	151,22	98,77	149,00	47,80
	Sq	43,53	18,36	45,8	19,50
	Sa	33,53	12,43	36,00	15,26
Dente 3 (z=16)	Ra	141,71	39,40	132,35	81,10
	Sq	43,31	12,24	40,21	28,02
	Sa	33,94	10,01	30,76	23,51

3. Análise da variação da rugosidade

De modo obter conclusões e efetuar uma análise descritiva relativamente às variações relativas dos diferentes parâmetros de rugosidade (*Ra*, *Sq*, *Sa*) e, de seguida, aplicar os testes estatísticos adequados foram efetuadas as diferenças das médias de cada parâmetro (**Tf-Ti**) e foi obtida a respetiva média das diferenças ($n=3$). Os resultados obtidos constam nas seguintes tabelas, facilitando a sua análise (Tabela 17 a 19).

Tabela 17 – Valores relativos à Variação de *Ra*.

Grupo ($n=3$)	Média Inicial (nm)	Média Final (nm)	Diferença de Médias (nm)	Média das diferenças de médias (nm)
GCA	320,26	393,97	73,71	-66,06
	238,69	171,00	-67,69	
	497,35	293,13	-204,22	
G1A	150,39	613,63	463,23	400,69
	228,74	866,27	637,53	
	402,98	504,31	101,33	
G2A	332,34	803,79	471,44	436,22
	138,36	695,47	557,11	
	240,49	520,61	280,12	
G3A	246,59	285,39	38,81	150,43
	173,13	291,31	118,18	
	210,26	504,58	294,32	
GCB	126,29	141,31	15,01	-19,91
	579,34	242,24	-337,10	
	246,50	508,86	262,36	
G1B	173,26	584,43	411,16	115,49
	260,64	267,46	6,82	
	354,20	282,70	-71,50	
G2B	278,14	451,54	173,40	155,16
	173,01	441,09	268,08	

	288,02	312,03	24,01	
G3B	397,38	350,87	-46,51	-51,17
	206,72	151,22	-55,50	
	193,21	141,72	-51,50	

Tabela 18 – Valores relativos à Variação de *Sq*.

Grupo (n=3)	Média Inicial (nm)	Média Final (nm)	Diferença de Médias (nm)	Média das diferenças de médias (nm)
GCA	100,47	178,95	78,48	-2,19
	87,66	78,48	-9,19	
	194,27	118,39	-75,88	
G1A	74,69	244,67	169,98	106,84
	80,57	249,13	168,55	
	184,81	166,83	-17,98	
G2A	106,55	227,96	121,41	141,16
	53,44	237,57	184,12	
	106,47	224,43	117,96	
G3A	89,01	97,53	8,51	46,02
	74,36	94,98	20,61	
	73,28	182,22	108,94	
GCB	50,77	55,30	4,52	-18,52
	260,30	98,21	-162,08	
	77,76	179,74	101,98	
G1B	53,85	170,67	116,81	31,45
	102,85	96,25	-6,59	
	128,60	112,73	-15,86	
G2B	105,34	188,47	83,13	59,71
	66,57	154,89	88,32	
	96,43	104,10	7,67	
G3B	148,47	137,06	-11,40	-24,07
	73,94	43,53	-30,40	
	73,74	43,32	-30,41	

Tabela 19 – Valores relativos à Variação de *Sa*.

Grupo (n=3)	Média Inicial (nm)	Média Final (nm)	Diferença de Médias (nm)	Média das diferenças de médias (nm)
GCA	81,87	135,79	53,92	-7,83
	69,22	58,91	-10,31	
	160,83	93,74	-67,10	

G1A	60,50	202,39	141,90	81,67
	64,30	196,69	132,39	
	149,86	120,59	-29,27	
G2A	83,99	166,69	82,70	105,22
	43,72	180,64	136,92	
	87,00	183,08	96,07	
G3A	67,56	78,90	11,34	39,24
	60,33	75,99	15,67	
	58,60	149,31	90,72	
GCB	41,14	43,79	2,66	-18,04
	213,67	73,75	-139,92	
	61,51	144,63	83,12	
G1B	42,46	127,94	85,47	23,13
	83,18	77,90	-5,28	
	104,18	93,40	-10,78	
G2B	85,65	153,17	67,52	48,95
	53,27	126,77	73,51	
	78,17	84,00	5,82	
G3B	121,93	113,68	-8,24	-20,67
	60,79	33,53	-27,26	
	60,48	33,95	-26,53	

Tabela 20 – Valores relativos ao teste ANOVA one-way de *Ra*, *Sq* e *Sa* por Protocolo, $p \leq 0,05$.

Protocolo A	Soma dos Quadrado	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
<i>Ra</i> (Entre grupos)	496956,112	3	165652,037	5,045	,030
<i>Sq</i> (Entre grupos)	36522,213	3	12174,071	2,206	,165
<i>Sa</i> (Entre grupos)	22289,153	3	7429,718	1,892	,209
Protocolo B					
<i>Ra</i> (Entre grupos)	91414,307	3	30471,436	,704	,576
<i>Sq</i> (Entre grupos)	14664,342	3	4888,114	,768	,544
<i>Sa</i> (Entre grupos)	10219,010	3	3406,337	,792	,532

Atendendo ao teste ANOVA *one-way* podemos observar que existem diferenças estatisticamente significativas no parâmetro *Ra* (Entre grupos) no Protocolo A com uma significância de 0,030 ($p \leq 0,05$) rejeitando a Hipótese Nula 1 (as pastas dentífricas branqueadoras utilizadas neste estudo não influenciam a rugosidade da superfície dentária a curto prazo). Nos restantes parâmetros em ambos os protocolos, as hipóteses nulas 1 e 2 não podem ser rejeitadas (As pastas dentífricas branqueadoras utilizadas neste estudo não influenciam a rugosidade da superfície dentária a curto e a longo prazo).

Tabela 21 – Valores relativos ao teste Tukey HDS de *Ra*, *Sq* e *Sa* no Protocolo A, $p \leq 0,05$.

						Intervalo de Confiança 95%	
Variável Dependente	(I) Grupo	(J) Grupo	Diferença média (I-J)	Erro Padrão	Sig.	Limite Inferior	Limite Superior
<i>Ra</i>	GC	G1	-466,76469	147,95057	0,053	-940,5545	7,0251
		G2	-502,29178*	147,95057	0,038	-976,0816	-28,502
		G3	-216,50303	147,95057	0,499	-690,2928	257,2868
	G1	GC	466,76469	147,95057	0,053	-7,0251	940,5545
		G2	-35,52709	147,95057	0,995	-509,3169	438,2627
		G3	250,26166	147,95057	0,387	-223,5281	724,0515
	G2	GC	502,29178*	147,95057	0,038	28,502	976,0816
		G1	35,52709	147,95057	0,995	-438,2627	509,3169
		G3	285,78875	147,95057	0,288	-188,001	759,5785
	G3	GC	216,50303	147,95057	0,499	-257,2868	690,2928
		G1	-250,26166	147,95057	0,387	-724,0515	223,5281
		G2	-285,78875	147,95057	0,288	-759,5785	188,001
<i>Sq</i>	GC	G1	-109,043	60,65498	0,341	-303,2816	85,1956
		G2	-143,35908	60,65498	0,162	-337,5977	50,8795
		G3	-48,21795	60,65498	0,855	-242,4565	146,0206
	G1	GC	109,043	60,65498	0,341	-85,1956	303,2816
		G2	-34,31608	60,65498	0,94	-228,5547	159,9225
		G3	60,82504	60,65498	0,752	-133,4135	255,0636
	G2	GC	143,35908	60,65498	0,162	-50,8795	337,5977
		G1	34,31608	60,65498	0,94	-159,9225	228,5547
		G3	95,14112	60,65498	0,445	-99,0975	289,3797
	G3	GC	48,21795	60,65498	0,855	-146,0206	242,4565
		G1	-60,82504	60,65498	0,752	-255,0636	133,4135
		G2	-95,14112	60,65498	0,445	-289,3797	99,0975
<i>Sa</i>	GC	G1	-89,50379	51,16783	0,361	-253,3612	74,3536
		G2	-113,05951	51,16783	0,200	-276,9169	50,7979
		G3	-47,07171	51,16783	0,795	-210,9291	116,7857
	G1	GC	89,50379	51,16783	0,361	-74,3536	253,3612
		G2	-23,55572	51,16783	0,966	-187,4131	140,3017
		G3	42,43208	51,16783	0,839	-121,4253	206,2895
	G2	GC	113,05951	51,16783	0,200	-50,7979	276,9169
		G1	23,55572	51,16783	0,966	-140,3017	187,4131
		G3	65,9878	51,16783	0,593	-97,8696	229,8452
	G3	GC	47,07171	51,16783	0,795	-116,7857	210,9291
		G1	-42,43208	51,16783	0,839	-206,2895	121,4253
		G2	-65,9878	51,16783	0,593	-229,8452	97,8696

O teste de comparações múltiplas Tukey HDS permite observar que existem diferenças estatisticamente significativas no parâmetro *Ra* entre o grupo GC e G2 ($p \leq 0,05$).

Tabela 22 – Valores relativos ao teste Tukey HDS de *Ra*, *Sq* e *Sa* no Protocolo B, $p \leq 0,05$.

Variável Dependente	(I) Grupo	(J) Grupo	Diferença média (I-J)	Erro Padrão	Sig.	Intervalo de Confiança 95%	
						Limite Inferior	Limite Superior
<i>Ra</i>	GC	G1	-135,40333	169,80993	0,854	-679,1945	408,3878
		G2	-175,07333	169,80993	0,737	-718,8645	368,7178
		G3	31,26	169,80993	0,998	-512,5312	575,0512
	G1	GC	135,40333	169,80993	0,854	-408,3878	679,1945
		G2	-39,67	169,80993	0,995	-583,4612	504,1212
		G3	166,66333	169,80993	0,764	-377,1278	710,4545
	G2	GC	175,07333	169,80993	0,737	-368,7178	718,8645
		G1	39,67	169,80993	0,995	-504,1212	583,4612
		G3	206,33333	169,80993	0,635	-337,4578	750,1245
	G3	GC	-31,26	169,80993	0,998	-575,0512	512,5312
		G1	-166,66333	169,80993	0,764	-710,4545	377,1278
		G2	-206,33333	169,80993	0,635	-750,1245	337,4578
<i>Sq</i>	GC	G1	-49,97667	65,16049	0,867	-258,6435	158,6902
		G2	-78,23667	65,16049	0,643	-286,9035	130,4302
		G3	5,55333	65,16049	1,000	-203,1135	214,2202
	G1	GC	49,97667	65,16049	0,867	-158,6902	258,6435
		G2	-28,26	65,16049	0,971	-236,9268	180,4068
		G3	55,53	65,16049	0,829	-153,1368	264,1968
	G2	GC	78,23667	65,16049	0,643	-130,4302	286,9035
		G1	28,26	65,16049	0,971	-180,4068	236,9268
		G3	83,79	65,16049	0,596	-124,8768	292,4568
	G3	GC	-5,55333	65,16049	1,000	-214,2202	203,1135
		G1	-55,53	65,16049	0,829	-264,1968	153,1368
		G2	-83,79	65,16049	0,596	-292,4568	124,8768
<i>Sa</i>	GC	G1	-41,18333	53,54155	0,866	-212,6422	130,2756
		G2	-66,99667	53,54155	0,615	-238,4556	104,4622
		G3	2,63	53,54155	1,000	-168,8289	174,0889
	G1	GC	41,18333	53,54155	0,866	-130,2756	212,6422
		G2	-25,81333	53,54155	0,961	-197,2722	145,6456
		G3	43,81333	53,54155	0,844	-127,6456	215,2722
	G2	GC	66,99667	53,54155	0,615	-104,4622	238,4556
		G1	25,81333	53,54155	0,961	-145,6456	197,2722
		G3	69,62667	53,54155	0,587	-101,8322	241,0856
	G3	GC	-2,63	53,54155	1,000	-174,0889	168,8289
		G1	-43,81333	53,54155	0,844	-215,2722	127,6456
		G2	-69,62667	53,54155	0,587	-241,0856	101,8322

O teste de comparações múltiplas Tukey HDS permite observar que não existem diferenças estatisticamente significativas em qualquer parâmetro (*Ra*, *Sq* e *Sa*) ($p \leq 0,05$).

Tabela 23 – Valores relativos ao teste Tukey HSD de *Ra*, *Sq* e *Sa* entre grupos por protocolo, $p \leq 0,05$.

Variável Dependente	(I) Grupo	(J) Grupo	Diferença média (I-J)	Erro Padrão	Sig.	Intervalo de Confiança 95%	
						Limite Inferior	Limite Superior
<i>Ra</i>	GCA	GCB	-46,1571	159,2557	1,00	-597,525	505,2103
	G1A	G1B	285,2043	159,2557	0,634	-266,163	836,5717
	G2A	G2B	281,0614	159,2557	0,65	-270,306	832,4288
	G3A	G3B	201,606	159,2557	0,899	-349,761	752,9733
<i>Sq</i>	GCA	GCB	16,32819	62,94806	1,00	-201,608	234,2639
	G1A	G1B	75,39452	62,94806	0,921	-142,541	293,3302
	G2A	G2B	81,4506	62,94806	0,888	-136,485	299,3863
	G3A	G3B	70,09948	62,94806	0,944	-147,836	288,0351
<i>Sa</i>	GCA	GCB	10,21582	52,36814	1,00	-171,091	191,5222
	G1A	G1B	58,53629	52,36814	0,943	-122,77	239,8427
	G2A	G2B	56,27867	52,36814	0,953	-125,028	237,5851
	G3A	G3B	59,91754	52,36814	0,937	-121,389	241,2239

O teste de comparações múltiplas Tukey HDS permite observar que não existem diferenças estatisticamente significativas em qualquer parâmetro (*Ra*, *Sq* e *Sa*) quando comparando a mesma pasta dentífrica em ambos os protocolos ($p \leq 0,05$).

Tabela 24 – Valores médios da variação dos diferentes parâmetros de rugosidade (*Ra*, *Sq*, *Sa*).

Parâmetro	Grupo	Protocolo A				Protocolo B			
		GC	G1	G2	G3	GC	G1	G2	G3
<i>Ra</i> (nm)		-66,06	400,69	436,22	150,43	-19,91	115,49	155,16	-51,17
<i>Sq</i> (nm)		-2,19	106,84	141,16	46,02	-18,52	31,45	59,71	-24,07
<i>Sa</i> (nm)		-7,83	81,67	105,22	39,24	-18,04	23,13	48,95	-20,67

3.1 Variação da rugosidade no Protocolo A

Atendendo ao parâmetro *Ra* o GC diminuiu os valores iniciais, em média, -66,06nm. As restantes pastas utilizadas nos respetivos grupos causaram um aumento médio de 400,69nm no G1, 436,22nm no G2 e 150,43nm no G3 sendo que, quando comparada ao GC, a variação do parâmetro *Ra* do G2 foi estatisticamente significativa, $p \leq 0,05$.

Quanto ao parâmetro *Sq* o GC diminuiu os valores iniciais, em média, -2,19nm. Nas demais amostras analisadas, houve um aumento médio de 106,84nm no G1, 141,16nm no G2 e 46,02nm no G3.

No que concerne o parâmetro *Sa* o GC diminui os valores iniciais, em média, -7,83nm. Nas outras amostras analisadas, observou-se um aumento médio de 81,67nm no G1, 105,22nm no G2 e 39,24nm no G3.

Ordenando os grupos do Protocolo A, de forma decrescente, consoante as suas alterações aos parâmetros da rugosidade podemos concluir que o pasta dentífrica que causou maiores alterações na rugosidade de superfície do esmalte foi a do G2 seguida de G1, G3 e por fim GC.

3.2 Variação da rugosidade no Protocolo B

Atendendo ao parâmetro *Ra* o GC diminuiu os valores iniciais, em média, -19,91nm. As restantes pastas utilizadas nos respetivos grupos causaram um aumento médio de 115,49nm no G1 e 155,16nm no G2, o G3 teve um comportamento oposto causando uma diminuição dos valores médios em -51,17nm.

Quanto ao parâmetro *Sq* o GC diminuiu os valores iniciais, em média, -18,52nm. Nas demais amostras analisadas, houve um aumento médio de 31,45nm no G1 e 59,71nm no G2, o G3 teve um comportamento oposto causando uma diminuição dos valores médios em -24,07nm.

No que concerne o parâmetro *Sa* o GC diminui os valores iniciais, em média, -18,04nm. Nas outras amostras analisadas, observou-se um aumento médio de 23,13nm no G1 e

48,95nm no G2, o G3 teve um comportamento oposto causando uma diminuição dos valores médios em -20,67nm.

Ordenando os grupos do Protocolo B, de forma decrescente, consoante as suas alterações aos parâmetros da rugosidade podemos concluir que o pasta dentífrica que causou maiores alterações na rugosidade de superfície do esmalte foi a do G2 seguida de G1, GC e por fim G3.

3.3 Variação da rugosidade por tipo de pasta dentífrica

Atendendo às variações dos diversos parâmetros de rugosidade e embora os comportamentos em ambos os protocolos tenham sido similares, excetuando o G3, não houve diferenças estatisticamente significativas em nenhuma pasta quando comparando o seu desempenho em ambos os protocolos (Tabela 23).

A pasta dentífrica convencional, utilizada no grupo controlo, teve o mesmo comportamento em ambos os protocolos, causando uma maior diminuição dos parâmetros de rugosidade no protocolo A.

A pasta dentífrica de carvão ativado, utilizada em G1, apresentou comportamentos similares em ambos os protocolos, causando um maior aumento dos parâmetros de rugosidade no protocolo A.

A pasta dentífrica de *blue covarine*, utilizada em G2, foi a pasta que apresentou maiores aumentos dos parâmetros de rugosidade, em ambos os protocolos, tendo o aumento sido superior no protocolo A.

A pasta dentífrica de microesferas, utilizada em G3, teve um comportamento diferente em cada um dos protocolos. No protocolo A causou um aumento dos diversos parâmetros de rugosidade, já no protocolo B o oposto verificou-se, ocorrendo uma diminuição geral dos parâmetros de rugosidade.

4. Resultados Laboratoriais

Ao longo do desenvolvimento desta investigação foram extrapoladas as imagens dos *scans* do AFM (AFMWorkshop, Signal Hill, California, EUA) recorrendo ao *software* Gwyddion 2.63 (CMI, Brun, República Checa). Desta forma é possível verificar a irregularidade da superfície do esmalte (Figuras 18 a 21).

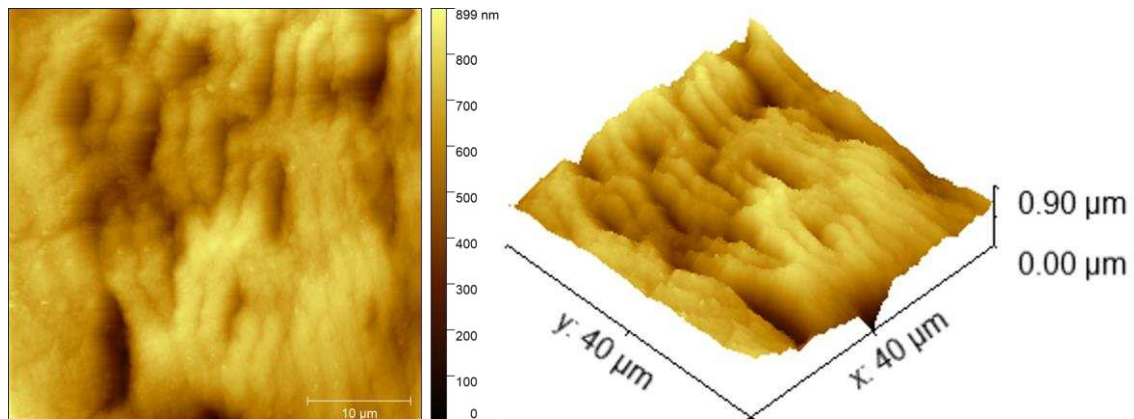


Figura 18 – Imagem inicial AFM 2D (esquerda) e 3D (direita) do Protocolo A.

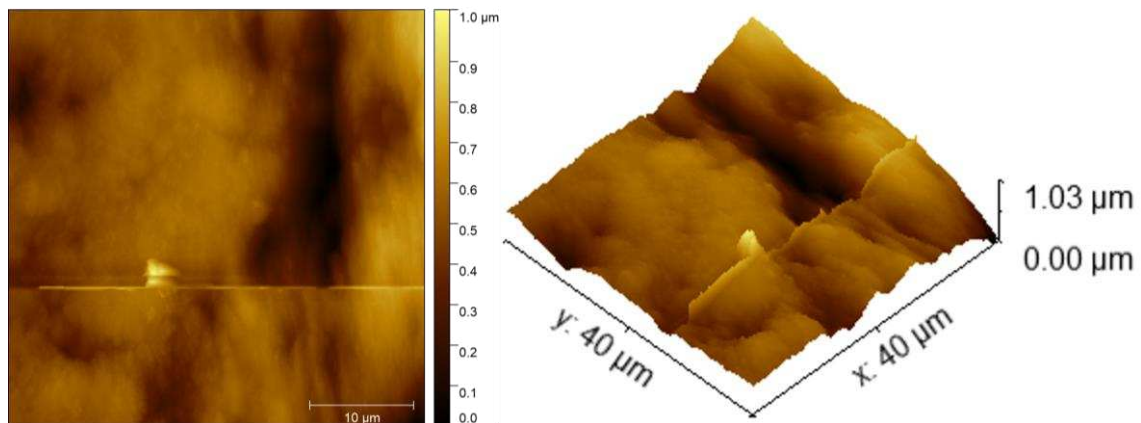


Figura 19 – Imagem inicial AFM 2D (esquerda) e 3D (direita) do Protocolo B.

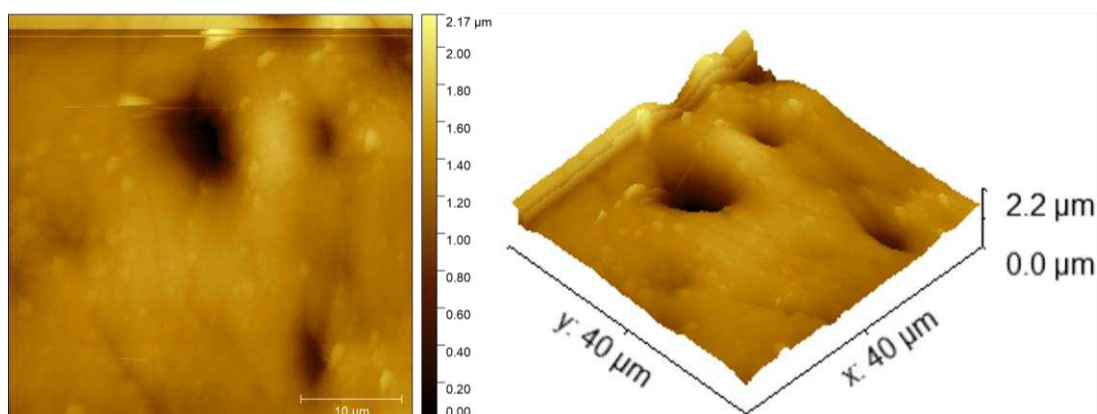


Figura 20 – Imagem final AFM 2D (esquerda) e 3D (direita) do Protocolo A.

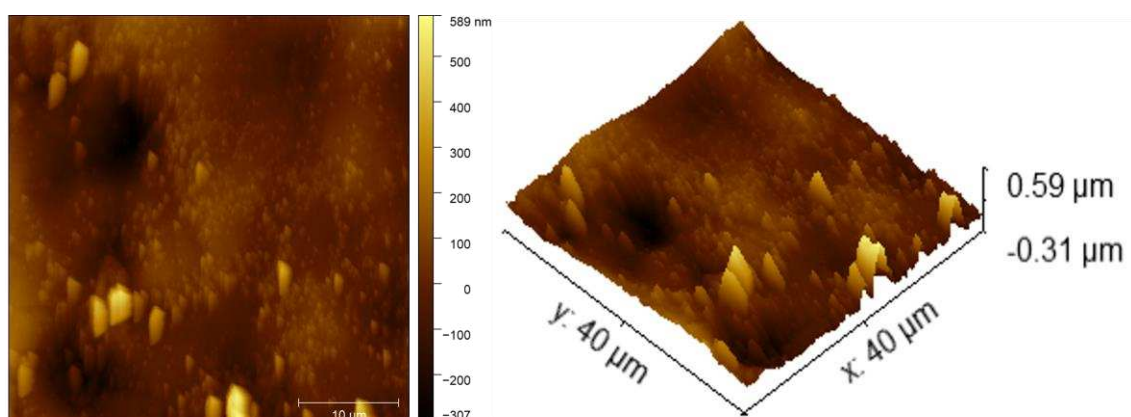


Figura 21 – Imagem final AFM 2D (esquerda) e 3D (direita) do Protocolo B.

VI. DISCUSSÃO

Na atualidade, os médicos dentistas são abordados cada vez mais por pacientes que desejam ter o “sorriso perfeito”. Um sorriso branco e estético, para estes pacientes, é sinal de felicidade, saúde e de qualidade de vida, tendo uma importância por vezes superior à saúde oral propriamente dita (Feitosa et al., 2010; Silva et al., 2019).

Uma das principais causas da descoloração é a pigmentação dentária, a qual pode ser intrínseca e/ou extrínseca. Qualquer tipo de pigmentação baseia-se na deposição de pigmentos na estrutura afetada. A mais comum e passível de ser removida profilaticamente e com uma higiene oral diária é a pigmentação extrínseca, onde substâncias cromogénicas aderem à superfície do esmalte e alteram a sua coloração original (Mortazavi et al., 2014; Schemel-Suaréz et al., 2017).

A abordagem mais usual para a obtenção deste tipo de sorriso é o branqueamento dentário mais comumente utilizado em géis e pode ser efetuado em consultório ou em ambulatório, com o uso de goteiras específicas (Rodrigues, 2013; Silva, 2020).

O método de branqueamento estudado nesta investigação baseou-se nas pastas dentífricas denominadas de branqueadoras com três tecnologias de branqueamento distintas, sendo elas, o carvão ativado, o *blue covarine* e as microesferas abrasivas. Todos estes agentes tem o objetivos de remover e controlar a deposição de cromóforos causadores de pigmentação extrínseca (Joiner, 2010; Tao et al., 2017; Vaz et al., 2019; Vural et al., 2021).

Uma das preocupações mais associadas ao uso das pastas dentífricas branqueadoras é o seu efeito no desgaste do esmalte causado pelos diversos agentes abrasivos que possuem na sua constituição (Epple et al., 2019).

Um dos métodos de avaliar mudanças no desgaste do esmalte é através da análise da variação da rugosidade e dos seus diversos parâmetros. Uma das técnicas mais específicas para tal é a utilização da microscopia de força atómica, resultando em valores extremamente rigorosos (Oliveira et al., 2012; Rahardjo et al., 2015).

A rugosidade possui um papel crucial na retenção e adesão de substâncias à superfície do esmalte, como bactérias e pigmentos. A literatura refere que uma superfície com uma rugosidade média superior a 200nm é propícia a ser alvo de maior retenção de bactérias e pigmentos que, por sua vez, causam um maior acúmulo de placa bacteriana, que poderá originar cárie dentária, doença periodontal e descoloração dentária (Rahardjo et al., 2015).

O objetivo deste estudo laboratorial foi verificar os efeitos das diferentes pastas dentífricas branqueadoras na rugosidade da superfície do esmalte. Para realizar esta avaliação recorreu-se ao AFM e o respetivo *software* de processamento das amostras de forma a compilar as médias iniciais dos diversos parâmetros de rugosidade para, posteriormente, compará-las com as médias finais.

Da análise dos resultados e tendo em conta as médias dos resultados obtidos para cada grupo em cada protocolo é possível verificar que a pasta dentífrica convencional Colgate® *Total Original*, utilizada como grupo controlo, não apresentou diferenças estatisticamente significativas na variação de qualquer parâmetro de rugosidade em ambos os protocolos. Apesar desta pasta dentífrica não possuir agentes branqueadores específicos como as outras pastas, continua a apresentar na sua constituição outros agentes abrasivos, que interagem com a superfície do esmalte, resultando na redução dos valores médios iniciais de rugosidade em ambos os protocolos, tal como observado por Shamel (2019) no seu estudo.

A pasta dentífrica com carvão ativado Curaprox® *Black is White* também não apresentou diferenças estatisticamente significativas na variação dos parâmetros de rugosidade em ambos os protocolos apesar de haver um aumento nos valores dos diferentes parâmetros da rugosidade tal como observado nos estudos de Vural (2021) e Forouzanfar (2023).

Por outro lado, a pasta dentífrica com *blue covarine* Signal® *White Now* foi a única que apresentou diferenças estatisticamente significativas na variação do parâmetro *Ra* apenas no protocolo A. Nos restantes parâmetros, em ambos os protocolos, não apresentou diferenças estatisticamente significativas. Este desempenho foi igualmente verificado no estudo de Shamel (2019) apesar deste ter obtido variações inferiores.

A última pasta dentífrica, com microesferas abrasivas Oral B® 3D White Luxe Perfection, não apresentou diferenças estatisticamente significativas na variação dos parâmetros de rugosidade em ambos os protocolos. Esta pasta dentífrica demonstrou resultados opostos em cada um dos protocolos. No protocolo A teve um comportamento similar aos estudos de Suriyasangpetch (2022) e Naiboğlu e Koşar (2023), aumentado os valores de rugosidade, como seria expectável. Já no protocolo B, desencadeou uma diminuição dos valores de rugosidade. Esta diferença pode ser explicada pelo tipo de escovagem realizada no protocolo B, uma escovagem com duração adaptada.

O protocolo A visou mimetizar o que seria uma escovagem normal diária de três ciclos por dia, durante 15 dias. Já o protocolo B visou simular, em apenas três dias, o mesmo número de ciclos que se iria obter se as amostras fossem escovadas três vezes por dia, ao longo de seis meses, de modo a tentar simular os efeitos das diferentes pastas dentífricas a longo prazo. Relativamente aos resultados do protocolo B, seria expectável que os valores fossem de encontro aos registados no protocolo A ou que fossem mais exacerbados, por simular uma utilização mais extensa. A falta de verificação desta situação pode ter razão no facto deste protocolo ter sido uma simulação de um período alongado, onde se tentou em três dias, replicar a ação que a pasta dentífrica teria em seis meses. Em cada escovagem realizada durante os três dias, reproduzia-se o tempo de trinta escovagens. No entanto, a quantidade de dentífrico utilizado era a equivalente a apenas uma escovagem, o que pode ter causado a perda de propriedades da pasta ao longo de cada escovagem, devido à sua extensa duração. Desta forma, o ideal seria repetir parte do estudo, adaptando o protocolo B para uma escovagem durante seis meses propriamente ditos, de modo a reproduzir, de forma mais real, o que realmente sucede na superfície dentária aquando da utilização prolongada de cada dentífrico.

Deste modo e tendo em conta os resultados obtidos, é de aceitar a hipótese nula 1 e 2 visto que os valores de p foram superiores, de forma geral, ao valor de significância escolhido apesar de existirem tendências para os diferentes parâmetros da rugosidade apresentarem alterações.

Inerte a qualquer investigação laboratorial *in vitro* estão associadas diversas limitações, as quais poderão ser justificação para as divergências dos resultados relativamente à literatura previamente apresentada e podem não corresponder ao desempenho clínico *in*

vivo. No presente estudo, a dimensão da amostra e a irregularidade da superfície do esmalte em sinergia com o tamanho reduzido da zona estudada ($40\mu\text{m}\times 40\mu\text{m}\times 17\mu\text{m}$) podem ser consideradas uma limitação. O mecanismo de escovagem utilizado também, visto não ter sido possível a utilização de um aparato de escovagem automático e tendo sido adotada como solução a utilização de uma escova de dentes elétrica onde não foi possível prever e controlar rigorosamente diversos fatores como a temperatura, o número de rotações por minuto e o efeito da pressão entre as diversas amostras, um parâmetro altamente importante uma vez que o objetivo é estudar o efeito de algo na rugosidade. As limitações por parte do operador como a fadiga, *stress*, quantidade de pasta dentífrica colocada, angulação das cerdas da escova e o excesso de pressão realizada. O facto de em qualquer instrumento de análise poderem existir medições imprecisas, como por exemplo nas sondas nanométricas utilizada no microscópio de força atómica.

Tendo como base os resultados obtidos, estes devem ser tomados em conta pelos médicos dentistas quando recomendam uma pasta dentífrica com agentes branqueadores, devido aos efeitos que a literatura refere que podem causar na superfície do esmalte. Portanto deverá ser tomado em conta o tipo de tecnologia branqueadora utilizada, quantidade e duração do procedimento. É também fulcral acompanhar o paciente aquando da prévia realização de branqueamentos com recurso a peróxidos de carbamida ou hidrogénio, uma vez que as pastas dentífricas branqueadoras apresentam efeitos mais intensos em dentes previamente branqueados sob estas circunstâncias (Suriyasangpetch et al., 2022).

Relevância clínica

A quantidade de pacientes que recorre ao médico dentista para ter o sorriso “perfeito” continua cada vez mais a aumentar e cada vez mais são realizados branqueamentos dentários em consultório ou ambulatório. Este tipo de branqueamento tem as suas indicações e contraindicações e deve ser efetuado apenas nas condições ideais.

Como alternativa os pacientes recorrem a uma diversa variedade de pastas dentífricas com tecnologias branqueadoras diferentes de inúmeras marcas e quantidades de princípio ativo.

Devido à falta de evidência sobre os efeitos dos diversos tipos de pastas dentífricas branqueadoras estes podem ser apenas uma tática de *marketing* por parte das empresas e acabar por apresentar resultados insatisfatórios para os pacientes.

Cabe ao médico dentista informar os pacientes qual a pasta dentífrica branqueadora a escolher tendo em conta o fator benefício relacionado com o risco e preço, por exemplo.

VII. CONCLUSÃO

Tendo em conta todas as limitações associadas a uma investigação laboratorial *in vitro* supramencionadas foi possível concluir que:

- As pastas dentífricas branqueadoras utilizadas neste estudo tendem a causar modificações na rugosidade da superfície do esmalte apesar de não haver diferenças estatisticamente significativas
- A pasta dentífrica com *blue covarine* demonstra variações estatisticamente significativas no parâmetro *Ra* no protocolo A quando comparada com a pasta dentífrica utilizada no GC.
- É possível concluir que o fator tempo é fulcral para a obtenção de resultados fidedignos, devido aos resultados obtidos no protocolo B terem sido diferentes do esperado, segundo a literatura.

As pastas dentífricas branqueadoras são cada vez mais utilizadas como uma solução rápida, barata e eficaz para a resolução de pigmentações indesejadas por parte dos pacientes, porém as três diferentes tecnologias branqueadoras abordadas neste estudo carecem de estudos nas condições semelhantes a esta investigação e apresentam resultados contraditórios e divergentes. O médico dentista desempenha um papel crucial na obtenção de evidencia atualizada sobre este tema a fim de poder recomendar aos seus pacientes a melhor pasta dentífrica branqueadora para cada caso evitando problemas a nível oral.

Perspetivas futuras

Com o número de pastas dentífricas branqueadoras a aumentar e a quantidade de princípio branqueador a variar de fabricante para fabricante é fulcral serem realizado mais estudos para determinar com maior certeza os efeitos destas pastas dentífricas branqueadoras na rugosidade da superfície do esmalte e a sua eficácia para efetivamente branquear os dentes.

Como tal será necessário continuar a investigar os efeitos destas e doutras pastas dentífricas na cavidade oral, portanto, no futuro, baseado nesta investigação poderão ser abordados os seguintes temas:

- Investigar o efeito de diferentes pastas dentífricas branqueadoras na rugosidade da superfície dentária com um maior número de amostras;
- Investigar o efeito de diferentes pastas dentífricas branqueadoras em dentes previamente branqueados com peróxido de carbamida/hidrogénio;
- Investigar o efeito de diferentes pastas dentífricas branqueadoras na rugosidade e/ou cor em variados tipos de resina composta utilizada na Clínica Dentária Egas Moniz;
- Investigar o efeito de diferentes pastas dentífricas branqueadoras na rugosidade da superfície do esmalte num maior espaço de tempo;
- Investigar o efeito de diferentes pastas dentífricas branqueadoras com outras tecnologias branqueadoras;
- Investigar a eficácia de diferentes pastas dentífricas branqueadoras na remoção de variados pigmentos;
- Investigar os efeitos adversos das pastas dentífricas branqueadoras nos restantes tecidos da cavidade oral;
- Investigar o efeito de diferentes pastas dentífricas branqueadoras na microdureza do esmalte.

VIII. BIBLIOGRAFIA

Akhtar, K., Khan, S. A., Khan, S. B., & Asiri, A. M. (2018). Scanning Electron Microscopy: Principle and Applications in Nanomaterials Characterization. Em S. K. Sharma (Ed.), *Handbook of Materials Characterization* (pp. 113–145). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-92955-2_4

Arola, D. D., Gao, S., Zhang, H., & Masri, R. (2017). The Tooth. *Dental Clinics of North America*, 61(4), 651–668. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2017.05.001>

Bollen, C., & Quirynen, M. (1995). *The influence of surface roughness and surface-free energy on supra- and subgingival plaque formation in man.*

Carey, C. M. (2014). Tooth Whitening: What We Now Know. *Journal of Evidence Based Dental Practice*, 14, 70–76. <https://doi.org/10.1016/j.jebdp.2014.02.006>

Carvalho, N., Brasil, C., Mota, C., Teixeira, H., Beatrice, L., & Nascimento, A. (2008). *Clareamento Caseiro Supervisionado: Revisão de Literatura.*

Cheung, P. K., & Fok, L. (2016). Evidence of microbeads from personal care product contaminating the sea. *Marine Pollution Bulletin*, 109(1), 582–585. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.05.046>

Coceska, E., Gjorgievska, E., Coleman, N. J., Gabric, D., Slipper, I. J., Stevanovic, M., & Nicholson, J. W. (2015). Enamel alteration following tooth bleaching and remineralization: ENAMEL ALTERATION FOLLOWING TOOTH. *Journal of Microscopy*, 262(3), 232–244. <https://doi.org/10.1111/jmi.12357>

De Oliveira, R. R. L., Albuquerque, D. A. C., Cruz, T. G. S., Yamaji, F. M., & Leite, F. L. (2012). Measurement of the Nanoscale Roughness by Atomic Force Microscopy: Basic Principles and Applications. Em *Atomic Force Microscopy—Imaging, Measuring and Manipulating Surfaces at the Atomic Scale*. InTech. <https://doi.org/10.5772/37583>

Effects of charcoal-based whitening toothpastes on human enamel in terms of color, surface roughness, and microhardness: An in vitro study. (sem data).

- Epple, M., Meyer, F., & Enax, J. (2019). A Critical Review of Modern Concepts for Teeth Whitening. *Dentistry Journal*, 7(3), 79. <https://doi.org/10.3390/dj7030079>
- Fearon, J. (2009). *Tooth whitening: Concepts and controversies*. 11(2).
- Feitosa, D., Dantas, D., Guênes, G., Ribeiro, A., Cavalcanti, A., & Braz, R. (2010). *Percepção de pacientes e acadêmicos de odontologia sobre estética facial e dentária*.
- Forouzanfar, A., Hasanpour, P., Yazdandoust, Y., Bagheri, H., & Mohammadipour, H. S. (2023). Evaluating the Effect of Active Charcoal-Containing Toothpaste on Color Change, Microhardness, and Surface Roughness of Tooth Enamel and Resin Composite Restorative Materials. *International Journal of Dentistry*, 2023, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2023/6736623>
- Freitas, F., Pinheiro De Melo, T., Delgado, A. H., Monteiro, P., Rua, J., Proença, L., Caldeira, J., Mano Azul, A., & Mendes, J. J. (2020). Varying the Polishing Protocol Influences the Color Stability and Surface Roughness of Bulk-Fill Resin-Based Composites. *Journal of Functional Biomaterials*, 12(1), 1. <https://doi.org/10.3390/jfb12010001>
- Gadelmawla, E. S., Koura, M. M., Maksoud, T. M. A., Elewa, I. M., & Soliman, H. H. (2002). Roughness parameters. *Journal of Materials Processing Technology*, 123(1), 133–145. [https://doi.org/10.1016/S0924-0136\(02\)00060-2](https://doi.org/10.1016/S0924-0136(02)00060-2)
- Greenwall, L. H., Greenwall-Cohen, J., & Wilson, N. H. F. (2019). Charcoal-containing dentifrices. *British Dental Journal*, 226(9), 697–700. <https://doi.org/10.1038/s41415-019-0232-8>
- Gujrati, A., Khanal, S. R., Pastewka, L., & Jacobs, T. D. B. (2018). Combining TEM, AFM, and Profilometry for Quantitative Topography Characterization Across All Scales. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 10(34), 29169–29178. <https://doi.org/10.1021/acsami.8b09899>

Hamza, B. (2020). RDA and REA Values of Commercially Available Toothpastes Utilising Diamond Powder and Traditional Abrasives. *Oral Health and Preventive Dentistry*, 18(1), 807–814. <https://doi.org/10.3290/j.ohpd.a45085>

ISO/TS 11405:2015. Dental materials – Testing of adhesion to tooth structure. (2015). Genebra, Suíça.

ISO/TS 29022:2013. Dentistry – Adhesion – Notched-edge shear bond strength test. (2013). Genebra, Suíça.

Joiner, A. (2010). Whitening toothpastes: A review of the literature. *Journal of Dentistry*, 38, e17–e24. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2010.05.017>

Jorne, A. S. F. (2018). QUAL O TIMING DE ATAQUE ÁCIDO NUMA RESINA INFILTRANTE DE ESMALTE APÓS REMINERALIZAÇÃO COM CPP-ACP? *Dissertação de Mestrado, Instituto Universitário Egas Moniz*.

Kakaboura, A., Fragouli, M., Rahiotis, C., & Silikas, N. (2007). Evaluation of surface characteristics of dental composites using profilometry, scanning electron, atomic force microscopy and gloss-meter. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, 18(1), 155–163. <https://doi.org/10.1007/s10856-006-0675-8>

Kruzic, J. J., Hoffman, M., & Arsecularatne, J. A. (2023). Fatigue and wear of human tooth enamel: A review. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 138, 105574. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2022.105574>

Kwon, S. R., & Wertz, P. W. (2015). Review of the Mechanism of Tooth Whitening: The Mechanism of Tooth Whitening. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 27(5), 240–257. <https://doi.org/10.1111/jerd.12152>

Las Casas, E. B., Bastos, F. S., Godoy, G. C. D., & Buono, V. T. L. (2008). Enamel wear and surface roughness characterization using 3D profilometry. *Tribology International*, 41(12), 1232–1236. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2008.03.008>

Lima, M. (2017). AVALIAÇÃO DA MICROINFILTRAÇÃO MARGINAL DE TRÊS SISTEMAS ADESIVOS UNIVERSAIS, NAS SUAS VERTENTES SELF-ETCH E

ETCH-AND-RINSE, COM RESINAS COMPOSTAS BULK-FILL. *Dissertação de Mestrado, Instituto Superior de Ciências da Saúde Egas Moniz.*

Lippert, F. (2013). An Introduction to Toothpaste—Its Purpose, History and Ingredients. Em C. Van Loveren (Ed.), *Monographs in Oral Science* (Vol. 23, pp. 1–14). S. Karger AG. <https://doi.org/10.1159/000350456>

Lopes, I. (2016). EFEITO DE DIFERENTES PROTOCOLOS DE ACABAMENTO E POLIMENTO NA RUGOSIDADE DE SUPERFÍCIE E BRILHO DE DUAS RESINAS COMPOSTAS. *Dissertação de Mestrado, Instituto Superior de Ciências da Saúde Egas Moniz.*

Machado, M. (2017). “USO DE PASTAS BRANQUEADORAS COMO MANUTENÇÃO EM BRANQUEAMENTOS DENTÁRIOS”. *Relatório Final de Estágio - Instituto Universitário de Ciências da Saúde.*

Machado, M. (2020). AVALIAÇÃO DO EFEITO DA IRRIGAÇÃO COM HIPOCLORITO DE SÓDIO NA INTEGRIDADE DA CAMADA HÍBRIDA EM RESTAURAÇÕES PRÉENDODONTICAS COM RECURSO A MICROSCOPIA ELETRÓNICA DE VARRIMENTO (MEV) E RESSONÂNCIA MAGNÉTICA NUCLEAR (RNMN). *Dissertação de Mestrado, Instituto Universitário Egas Moniz.*

Madani, M., Berardi, T., & Stoopler, E. T. (2014). Anatomic and Examination Considerations of the Oral Cavity. *Medical Clinics of North America*, 98(6), 1225–1238. <https://doi.org/10.1016/j.mcna.2014.08.001>

Makky, E. A., Ali, M. J., & Yusoff, M. M. (2018). *Toothpaste Novelty and Reality.*

Marshall, M. V., Cancro, L. P., & Fischman, S. L. (1995). Hydrogen Peroxide: A Review of Its Use in Dentistry. *Journal of Periodontology*, 66(9), 786–796. <https://doi.org/10.1902/jop.1995.66.9.786>

Marshall, S., Bayne, S. C., Baier, R., Tomsia, A. P., & Marshall, G. W. (2010). A review of adhesion science. *Dental Materials*, 26(2), e11–e16. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2009.11.157>

Mei, L., & Guan, G. (2023). Profilometry and atomic force microscopy for surface characterization. *Nano TransMed*, 2(1), e9130017. <https://doi.org/10.26599/NTM.2023.9130017>

Mohebi, S., Shafiee, H.-A., & Ameli, N. (2017). Evaluation of enamel surface roughness after orthodontic bracket debonding with atomic force microscopy. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 151(3), 521–527. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2016.08.025>

Monteiro, A. P. B. (2019). *Avaliação da percepção da estética dentária por pacientes e médicos dentistas da FMDUP*.

Mortazavi, H., Baharvand, M., & Khodadoust, A. (2014). COLORS IN TOOTH DISCOLORATION: A NEW CLASSIFICATION AND LITERATURE REVIEW. 2012.

Naik, S., Tredwin, C. J., & Scully, C. (2006). Hydrogen peroxide tooth-whitening (bleaching): Review of safety in relation to possible carcinogenesis. *Oral Oncology*, 42(7), 668–674. <https://doi.org/10.1016/j.oraloncology.2005.10.020>

Nanci, A. (2018). Development, Structure, and Function. *Ten Cate's Oral Histology*.

Oliveira, C. (2019). Efeito de pastas dentífricas com carvão ativado na cor e microdureza do esmalte dentário. *Dissertação de Mestrado Integrado em Medicina Dentária FMDUL*.

Oliveira, M., Fernández, E., Bortolatto, J., Oliveira Junior, O., Bandeca, M., Khajotia, S., & Florez, F. (2016). Optical Dental Whitening Efficacy of Blue Covarine Toothpaste in Teeth Stained by Different Colors: Optical Dental Whitening Efficacy. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 28, S68–S77. <https://doi.org/10.1111/jerd.12204>

OMD. (2013). *BRANQUEAMENTO DENTÁRIO*. Folhetos Educativos.

Perdigão, J. (Ed.). (2016). *Tooth Whitening*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-38849-6>

Pérez, M. D. M., Ghinea, R., Rivas, M. J., Yebra, A., Ionescu, A. M., Paravina, R. D., & Herrera, L. J. (2016). Development of a customized whiteness index for dentistry based on CIELAB color space. *Dental Materials*, 32(3), 461–467. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2015.12.008>

Quéré, D. (2008). *Wetting and Roughness*. 2008.

Rahardjo, A., Gracia, E., Riska, G., Adiatman, M., & Maharani, D. A. (2015). Potential Side Effects of Whitening Toothpaste on Enamel Roughness and Micro Hardness. *International Journal of Clinical Preventive Dentistry*, 11(4), 239–242. <https://doi.org/10.15236/ijcpd.2015.11.4.239>

Reis, I. (2017). ESTUDO COMPARATIVO DA RUGOSIDADE DE SUPERFÍCIE DE RESINAS COMPOSTAS SUBMETIDAS A DIFERENTES SISTEMAS DE ACABAMENTO E POLIMENTO. *Dissertação de Mestrado, Instituto Superior de Ciências da Saúde Egas Moniz*.

Rios, S. (2016). AVALIAÇÃO DA RUGOSIDADE NA SUPERFÍCIE DE COMPÓSITOS SUJEITOS A DIFERENTES MÉTODOS DE ACABAMENTO E POLIMENTO. *Dissertação de Mestrado, Universidade Católica*.

Rodrigues, L. (2013). *Branqueamento Dentário: Consultório vs Ambulatório*.

Schemel-Suaréz, M., López-López, J., & Chimenos-Kustner, E. (2017). Dental pigmentation and hemochromatosis: A case report. *Quintessence International*, 48(2), 155–159. <https://doi.org/10.3290/j.qi.a37385>

Shamel, M., Al-Ankily, M. M., & Bakr, M. M. (2019). Influence of different types of whitening tooth pastes on the tooth color, enamel surface roughness and enamel morphology of human teeth. *F1000Research*, 8, 1764. <https://doi.org/10.12688/f1000research.20811.1>

Silva, E., Ferreira, J. S., Alves, K., Castro, L. C., & Maciel, A. L. M. (2019). *ESTÉTICA DENTAL RELACIONADA À QUALIDADE DE VIDA DO PACIENTE ODONTOLÓGICO*.

Silva, R. F. M. (2020). *EFEITO DE DIFERENTES PASTAS DENTÍFRICAS BRANQUEADORAS NA COR DA SUPERFÍCIE DENTÁRIA*.

Suriyasangpetch, S., Sivavong, P., Niyatiwatchanchai, B., Osathanon, T., Gorwong, P., Pianmee, C., & Nantanapiboon, D. (2022). Effect of Whitening Toothpaste on Surface Roughness and Colour Alteration of Artificially Extrinsic Stained Human Enamel: In Vitro Study. *Dentistry Journal*, 10(10), 191. <https://doi.org/10.3390/dj10100191>

Tao, D., Smith, R. N., Zhang, Q., Sun, J. N., Philpotts, C. J., Ricketts, S. R., Naeeni, M., & Joiner, A. (2017). Tooth whitening evaluation of blue covarine containing toothpastes. *Journal of Dentistry*, 67, S20–S24. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2017.10.014>

Toga, O. É. N. (2017). PREVALÊNCIA DE CASOS DE AMELOGÉNESE E DENTINOGÉNESE IMPERFEITA NA POPULAÇÃO INFANTIL DA CLÍNICA UNIVERSITÁRIA EGAS MONIZ. *Dissertação de Mestrado, Instituto Superior de Ciências da Saúde Egas Moniz*.

Vaz, V. T. P., Jubilato, D. P., Oliveira, M. R. M. D., Bortolatto, J. F., Floros, M. C., Dantas, A. A. R., & Oliveira Junior, O. B. D. (2019). Whitening toothpaste containing activated charcoal, blue covarine, hydrogen peroxide or microbeads: Which one is the most effective? *Journal of Applied Oral Science*, 27, e20180051. <https://doi.org/10.1590/1678-7757-2018-0051>

Vernon-Parry, K. D. (2000). Scanning electron microscopy: An introduction. *III-Vs Review*, 13(4), 40–44. [https://doi.org/10.1016/S0961-1290\(00\)80006-X](https://doi.org/10.1016/S0961-1290(00)80006-X)

Vural, U. K., Bagdatli, Z., Yilmaz, A. E., Yalçın Çakır, F., Altundaşar, E., & Gurgan, S. (2021). Effects of charcoal-based whitening toothpastes on human enamel in terms of color, surface roughness, and microhardness: An in vitro study. *Clinical Oral Investigations*, 25(10), 5977–5985. <https://doi.org/10.1007/s00784-021-03903-x>

IX. ANEXOS

Anexo 1 – Requerimento à Comissão de Ética da Egas Moniz (MyAgir)

 EGAS MONIZ SCHOOL
of HEALTH & SCIENCE

Comissão de Ética EGAS MONIZ

Proc. Interno nº 1142
PLATAFORMA

Ex.mo Senhor
Angel Alejandro Pinedo Tavares
Barcelos Lobito

Monte de Caparica, 15 de dezembro de 2022.

Ex.mo Senhor,

Em resposta ao Pedido de Parecer que submeteu à apreciação da Comissão de Ética da Egas Moniz, com o tema denominado: **"Efeito de diferentes pastas dentífricas branqueadoras na rugosidade da superfície dentária"**, foi aprovado por unanimidade.

A Presidente da Comissão de Ética da Egas Moniz


Professora Doutora Maria Fernanda de Mesquita

EGAS MONIZ – COOPERATIVA DE ENSINO SUPERIOR, CRL
Campus Universitário – Quinta da Granja – Monte de Caparica
.2829-511 Caparica

Anexo 2 – Autorização da Direção Clínica para cedência de dentes do BDH (MyAgir)

 EGAS MONIZ

Declaração da Direção Clínica para cedência de dentes do BDH para realização do trabalho de projeto final do Mestrado Integrado de Medicina Dentária

Código | IMP.CDEM.04_01

IDENTIFICAÇÃO DO ESTUDANTE: Angel Alejandro Pinedo Tavares Barcelos Lobito

TÍTULO DO TRABALHO: "Efeito de diferentes pastas dentífricas branqueadoras na rugosidade da superfície dentária."

Excelentíssima Professora Doutora Fernanda de Mesquita – Presidente da Comissão de Ética,

O(a) aluno(a) Angel Alejandro Pinedo Tavares Barcelos Lobito pode utilizar dentes molares hígidos (30) do Banco de Dentes Humanos (BDH) da Clínica Dentária Egas Moniz (CDEM).

Aguardo a aprovação da Comissão Científica e da Comissão de Ética, para cedência dos dentes.

Atenciosamente, com os melhores cumprimentos:

Monte da Caparica, 22 de novembro de 2022

Direção Clínica

Aprovado

Anexo 3 – Autorização da Comissão Científica para coorientação externa



Exm^a. Sr. Prof. Doutor Jorge Caldeira

Monte Caparica, 18 de novembro de 2022

Exmo. Sr. Prof. Doutor,

Informo que a Comissão Científica do MIMD deliberou autorizar a **coorientação** do orientado Angel Lobito com Orientação do Prof. Doutor José João Mendes

O Aluno deverá assinalar o campo do co-orientador externo, anexar o CV do co-orientador juntamente com este ofício para posterior aprovação pelo Conselho Científico do IUEM.

Caso já tenha realizado a submissão, o Sr. Regente de Orientação tutorial fará o favor de inserir este ofício, para posterior aprovação pelo Conselho Científico do IUEM

Com os meus melhores cumprimentos

Prof. Doutora Irene Ventura

Presidente da C. Científica do MIMD

Anexo 4 – Constituintes da Saliva Artificial utilizada e quantidades correspondentes.

Compostos	Quantidades
NaCl	0,80g
KCl	0,80g
CaCl ₂ •2H ₂ O	1,812g
NaH ₂ PO ₄ •2H ₂ O	1,38g
Na ₂ S•9H ₂ O	0,01g
Ureia	2g
H ₂ O destilada	2000mL

Anexo 5 – Informações relativas a cada pasta dentífrica utilizada nesta investigação

Grupo	Tecnologia Branqueadora	Nome	Fabricante	Ingredientes	Lote	Validade
GC	Convencional	Colgate® <i>Total Original</i>	Colgate - Palmolive – Portugal	Glycerin, Aqua, Hydrated Silica, Sodium Lauryl Sulfate, Arginine, Aroma, Cellulose Gum, Zinc Oxide, Poloxamer 407, Zinc Citrate, Tetrasodium Pyrophosphate, Xanthan Gum, Benzyl Alcohol, Cocamidopropyl Betaine, Sodium Fluoride (1450ppm F⁻), Sodium Saccharin, Phosphoric Acid, Hydroxypropyl Methylcellulose, Sucralose, CI 73360, CI 74160, CI 77891	3104PL1171	03/2025
G1	Carvão ativado	Curaprox® <i>Black is White</i>	Curaden Swiss Headquarters – Suíça	Aqua, Sorbitol, Hydrated Silica, Glycerin, Charcoal Powder, Aroma, Decyl Glucoside, Cocamidopropyl, Betaine, Sodium Monofluorophosphate (950ppm F⁻), Tocopherol, Xanthan Gum, Maltodextrin, Mica, Hydroxyapatite (Nano), Potassium Acesulfame, Titanium Dioxide, Micro-Crystalline Cellulose, Sodium Chloride, Potassium Chloride, Citrus Limon Peel Oil, Sodium Hydroxide, Zea Mays Starch, Amyloglucosidase, Glucose Oxidase, Urtica Dioica Leaf Extract, Potassium Thiocyanate, Cetearyl Alcohol, Hydrogenated Lecithin, Menthyl Lactate, Mehtyl Diisopropyl Propionamide, Ethyl Mentane Carboxamide, Stearic Acid, Mannitol, Sodium Bisulfite, Tin Oxide, Lactoperoxidase, Limonene	199MHD	05/2025
G2	<i>Blue Covarine</i>	Signal® <i>White Now</i>	Unilever RA – França	Aqua, Hydrogenated Starch Hydrolysate, Hydrated Silica, Sodium Lauryl Sulfate, Aroma, Cellulose Gum, Sodium Saccharin, Sodium Fluoride (1450ppm F⁻), PVM/MA Copolymer, Glycerin, CI 42090, CI 74160	2038FCA	07/2025
G3	Microesferas Abrasivas	Oral B® <i>3D White Luxe Perfection</i>	Procter & Gamble – Alemanha	Glycerin, Hydrated Silica, Sodium Hexametaphosphate, Aqua, PEG-6, Aroma, Trisodium Phosphate, Sodium Lauryl Sulfate, Cocamidopropyl Betaine, Sodium Saccharin, Sodium Fluoride (1450ppm F⁻), Carrageenan, PVP, Xanthan Gum, Limonene, Sucralose, Sodium Benzoate, Sodium Hydroxide, CI 74160, Citric Acid, Sodium Citrate, Potassium Sorbate	2306G7	10/2024