



**UNIVERSIDADE  
FERNANDO  
PESSOA**

## **Importância do controle do biofilme dentário no aparecimento da cárie: revisão integrativa**

[The importance of controlling dental biofilm in the onset of caries: an integrative review]

Dissertação de Mestrado

[Mestrado Integrado em Medicina Dentária]

Noor Ibtissam Bekhlouf

Orientadores:

Professora Doutora Maria João Coelho

Mestre Raquel Teixeira Sousa



# **Importância do controle do biofilme dentário no aparecimento da cárie: revisão integrativa**

[The importance of controlling dental biofilm in the onset of caries: an integrative review]

Dissertação de Mestrado

[Mestrado Integrado em Medicina Dentária]

Noor Ibtissam Bekhlouf

Orientadores:

Professora Doutora Maria João Coelho

Mestre Raquel Teixeira Sousa



## DEDICATÓRIA

Pour mes parents, cette réussite est autant la mienne que la vôtre. Merci d'avoir toujours cru en moi, de m'avoir toujours poussé à faire le meilleur. Vous avez été les meilleurs modèles que j'aurai pu avoir.

Vous n'avez jamais douté de moi et de mon parcours, me donnant toute votre confiance pour poursuivre mes rêves et atteindre mes objectifs. Votre soutien a été un pilier tout au long de mon parcours scolaire et a permis ma réussite. Merci pour votre soutien constant.

Papa, ton soutien m'a toujours donné confiance en moi, ton optimisme m'a toujours poussé à faire mieux et à ne jamais douter de mes capacités. La patience que tu m'as inculquée n'a fait que renforcer ma motivation. Grâce à toi j'ai appris que la patience est essentielle pour surmonter les obstacles et atteindre mes objectifs. Ton exemple m'a montré qu'avec patience et détermination tout est possible.

Maman, merci de m'avoir enseigné la détermination. J'exprime ma reconnaissance envers toutes les choses que tu m'as inculquées telles que la détermination et la persévérance pour réussir dans la vie. Ton soutien et ta capacité à toujours trouver les mots justes ont été essentiels tout au long de mon parcours.

Adil, mon grand frère. Merci d'avoir toujours été fier de moi, ton enthousiasme dans mes accomplissements m'a donné la force de persévérer et vaincre les moments de doute.

Loubna, ma petite sœur. Merci d'avoir été auprès de moi à tous les moments et d'avoir été là pour me motiver à me surpasser à n'importe quel moment. Ta propre détermination à la réussite m'a toujours entraîné à faire mieux.

Laura, ma belle-sœur que je considère comme une grande sœur. Ton soutien indéfectible a été source de réconfort et de motivation tout au long de mon parcours.

Merci à mes grands-parents maternels et particulièrement à mon grand-père qui m'a depuis le plus jeune âge montré la place importante des études dans la vie.

Merci à mes grands-parents paternels qui auraient été fiers de moi j'en suis sûre. Paix à leur âme.



## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer à minha orientadora, Professora Maria João Coelho, por todo o seu apoio e conselhos, que foram fatores-chave para o sucesso desta tese. Foi capaz de me orientar, encorajar e inspirar em todas as fases. Obrigada pelo seu empenho no meu trabalho, tive a sorte de beneficiar da sua orientação.

Obrigada à minha co-orientadora Doutora Raquel Teixeira Sousa pelos seus conselhos e contributos.

Obrigada a todos os meus professores pelos seus ensinamentos, conselhos e aprendizagem ao longo deste percurso.

Obrigada Lina pelo teu apoio incansável, tu inspiraste-me, a tua presença ao meu lado tem sido uma fonte de motivação ao longo de todo o meu percurso.

Obrigada à Raphaëlle, a minha melhor amiga, pela tua preciosa amizade que me ajudou em todas as etapas deste percurso.

Ariel, meu amigo, obrigada por acreditares sempre em mim. O teu sucesso sempre me motivou a fazer melhor.

Samara e Kaue, obrigada pela vossa ajuda ao longo dos dois anos de clínica. Obrigada pela vossa disponibilidade e generosidade, e por tudo o que me ensinaram.

Gostaria também de agradecer ao Porto por todos os encontros maravilhosos que fiz ao longo do caminho e por todos os momentos inesquecíveis que tive.



## RESUMO

A cárie dentária é uma patologia comum que começa com danos no esmalte dentário causados por ácidos formados durante a fermentação bacteriana de hidratos de carbono da dieta. O desenvolvimento da cárie não é apenas a consequência da presença de bactérias cariogênicas, mas também de uma perda de equilíbrio no biofilme oral. O objetivo deste trabalho foi, portanto, demonstrar que o controle orientado do biofilme dentário é crucial para prevenir o aparecimento de cáries dentárias. Para tal, realizámos uma revisão integrativa dos dados recentes disponíveis na literatura científica relacionados com abordagens eficazes e recomendações para o controle do biofilme dentário para prevenir e tratar a cárie.

A pesquisa bibliográfica foi efetuada utilizando uma combinação das palavras-chave "cárie", "biofilme", "saúde", "microbioma" e "flora oral" nas bases de dados PubMed e ScienceDirect, em francês, inglês e português. Foram seleccionados 24 artigos com base nos critérios de inclusão e exclusão definidos e através de um processo de seleção baseado na análise do título, do resumo e do conteúdo do artigo.

Ao longo deste estudo, vimos que o controle direcionado do biofilme oferece muitas vantagens na luta contra a cárie. Vimos também que uma boa compreensão do biofilme é também essencial para conseguir um controle ótimo e minimamente invasivo do biofilme. O nosso trabalho permitiu-nos identificar duas grandes áreas complementares, agrupando diferentes estratégias de controle do biofilme: a eliminação do biofilme dentário patogénico e o controle da sua composição. Estas estratégias inovadoras estão a revelar-se eficazes, mas é ainda necessária mais investigação para desenvolver protocolos de tratamento normalizados. O objetivo geral é melhorar a gestão da cárie de duas formas: recomendando medidas preventivas e aplicando estratégias de cuidados e prevenção mais específicas que respeitem a microbiota oral.

Por último, é importante prosseguir o desenvolvimento interdisciplinar da prevenção e da promoção da saúde oral, desde muito cedo e em diferentes contextos (escola, clínica geral, etc.), incorporando os dados recentes disponíveis na literatura científica sobre o controle do biofilme dentário, a fim de atuar eficazmente na capacitação dos pacientes.

**Palavras-chave :** cárie, biofilme, saúde, microbiota, flora oral



## **ABSTRACT**

Tooth decay is a common pathology that begins with damage to tooth enamel caused by acids formed during bacterial fermentation of dietary carbohydrates. The development of caries is not simply the consequence of the presence of cariogenic bacteria, but also of a loss of balance within the oral biofilm. The aim of this work was therefore to demonstrate that targeted management of the dental biofilm is crucial in preventing the onset of dental caries. To this end, we carried out an integrative review of recent data available in the scientific literature relating to effective approaches and recommendations for dental biofilm control to prevent and treat caries.

The literature was searched using a combination of the key words, "caries", "biofilm", "health", "microbiome" and "oral flora" on the PubMed and ScienceDirect databases, in French, English and Portuguese. 24 articles were selected on the basis of defined inclusion and exclusion criteria, and through a selection process based on analysis of the article's title, abstract and content.

Throughout this study, we have seen that targeted biofilm control offers many advantages in the fight against caries. We have also seen that a good understanding of biofilm is also essential to achieving optimal, minimally invasive biofilm control. Our work has enabled us to identify two main complementary approaches to biofilm control: eliminating pathogenic dental biofilm and controlling its composition. These innovative strategies are proving effective, but further research is still needed to develop standardized care protocols. The overall aim is to improve caries management in two ways: by recommending preventive measures, and by applying more targeted care and prevention strategies that respect the oral microbiota. Lastly, we need to pursue the cross-functional development of oral health prevention and promotion, from an early age and in different settings (schools, general practice, etc.), by integrating recent data available in the scientific literature on controlling dental biofilm, in order to effectively the patient's empowerment.

**Keywords:** carie, biofilm, health, microbiota, oral flora



## ÍNDICE GERAL

<b>RESUMO</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>xi</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>xv</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS</b>	<b>xvii</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS</b>	<b>xix</b>
<b>I. INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Formação e composição do biofilme dentário</b>	<b>1</b>
<b>1.2. Do biofilme dentário à cárie</b>	<b>2</b>
<b>1.3. Objetivo e questão de investigação</b>	<b>3</b>
<b>II. DESENVOLVIMENTO</b>	<b>4</b>
<b>2.1. Metodologia</b>	<b>4</b>
<b>2.2 Resultados</b>	<b>6</b>
<b>2.3. Importância do controle do biofilme</b>	<b>17</b>
<b>2.4. Estratégias de controle de biofilme</b>	<b>17</b>
2.4.1. Análise da microbiota oral	17
2.4.2. Monitorização e remoção de biofilme	19
2.4.3. Probióticos e prebióticos	20
2.4.4. Dentífrico	23
2.4.5. Controle de saliva	24
2.4.6. Estratégias visando <i>Streptococcus mutans</i>	25
2.4.7. Terapia fotodinâmica	27
2.4.8. Alimentação	27
2.4.9. Fitoterapia	28
<b>III. CONCLUSÃO</b>	<b>31</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>35</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma do processo completo de seleção dos artigos	5
---	---



## **ÍNDICE DE TABELAS**

Tabela 1 – Critérios de inclusão e de exclusão	4
Tabela 2 – Dados extraídos dos estudos analisados	7



## LISTA DE ABREVIATURAS

AgNPs - Nanopartículas de prata

EPS – Polissacarídeos extracelulares

Fe3O4 - Nanopartículas de dióxido de ferro

Gtfs - Glicosil transferases

HFS – Som de alta frequência

HMP – Hexametáfosfato de sódio micrométrico e nanométrico

IHO-S – Índice de Higiene Oral Simplificado

NSF – Nano Fluoreto de Prata

OR – Oscilante-rotativo

QAS – Sais de amônio quaternário

QS – *Quorum sensing*

TFD – Terapia fotodinâmica

Spp – *species pluralis*



## I. INTRODUÇÃO

### 1.1. Formação e composição do biofilme dentário

Os biofilmes orais, estruturas comunitárias bacterianas tridimensionais aderentes a substratos sólidos como o esmalte dentário, superfícies radiculares ou implantes, constituem um modelo chave para compreender os mecanismos de aderência bacteriana. Esses biofilmes são entidades dinâmicas, onde as bactérias seguem um ciclo de adesão, crescimento e disseminação, permitindo tanto a estabilização do ecossistema quanto a sua propagação (Zijnge et al., 2021).

Desde o nascimento, o desenvolvimento do sistema imunológico e da microbiota do recém-nascido promove uma relação simbiótica complexa entre o organismo e o seu ambiente microbiano. A cavidade oral, é rapidamente colonizada por microrganismos maternos e ambientais logo após o parto. Essa primeira colonização é fortemente influenciada pelo tipo de parto. Os recém-nascidos de parto vaginal herdam uma microbiota oral rica e diversificada, refletindo a microbiota vaginal materna. Por outro lado, a flora oral das crianças nascidas por cesariana tende a ser menos variada, dominada pelos microrganismos característicos do ambiente hospitalar como *Staphylococcus* sp., *Corynebacterium* sp. e *Propionibacterium* sp. (Dominguez-Bello et al., 2010).

Esta microbiota inicial evolui com o surgimento dos primeiros dentes, um evento que multiplica os nichos ecológicos disponíveis para os microrganismos e resulta num aumento da diversidade microbiana. Este processo de maturação continua gradualmente até atingir, por volta dos três anos de idade, um estado de complexidade semelhante ao da microbiota oral adulto (Dominguez-Bello et al., 2010).

Na idade adulta, a composição da microbiota oral é influenciada pela higiene dentária, pela dieta, pelo uso de flúor, pelo estado de saúde e por fatores genéticos (Mosaddad et al., 2019).

A riqueza e diversidade da microbiota oral é notável, abrigando aproximadamente 1.000 espécies diferentes, incluindo arqueas, protozoários, vírus, fungos e bactérias, cada um desempenhando um papel específico na saúde e doença oral (Mosaddad et al., 2019). Os

principais géneros de bactérias encontrados na boca são *Streptococcus* sp., *Leptotrichia* sp., *Eikenella* sp., *Granulicatella* sp., *Actinomyces* sp., *Fusobacterium* sp., *Corynebacterium* sp., *Rothia* sp., *Porphyromonas* sp., *Prevotella* sp., *Haemophilus* sp., *Treponema* sp., *Neisseria* sp., *Capnocytophaga* sp., *Lactobacterium* sp., *Veillonella* sp., *Peptostreptococcus* sp., *Gamella* sp., *Staphylococcus* sp., *Eubacteria* sp. e *Propionibacterium* sp. (Mosaddad et al., 2019).

A análise detalhada dos biofilmes orais revela uma organização em quatro camadas distintas, diferenciadas por suas características morfológicas e reatividade à fluorescência. A camada inferior, principalmente habitada por *Actinomyces* sp., exibe uma fluorescência atenuada. Ela é seguida por uma camada intermediária rica em células fusiformes, incluindo *Fusobacterium nucleatum* e *Tannerella forsythia* e uma camada superior dominada por bactérias do grupo Cytophaga-Flavobacterium-Bacteroides. Por fim, uma camada periférica, enriquecida em espiroquetas, destaca a complexidade e diversidade estrutural do biofilme (Ray, 2022).

## 1.2. Do biofilme dentário à cárie

A cárie dentária é uma patologia comum que começa com danos ao esmalte dentário causados por ácidos formados durante a fermentação bacteriana dos carboidratos da dieta (Mosaddad et al., 2019).

*Streptococcus mutans* e outras espécies como *Bifidobacterium dentium*, *Bifidobacterium adolescentis*, *Scardovia wiggsiae*, *Bifidobacterium longum*, *Selenomonas species pluaris* (spp.), *Prevotella* spp. e *Lactobacillus* spp., são responsáveis pela formação das colónias iniciais no dente e pela formação de biofilmes dentários, que desempenham um papel central na cariogénese (Mosaddad et al., 2019).

Os estreptococos orais representam dois terços de todos os microrganismos simbióticos, dos quais apenas um grupo, denominado *Streptococcus mutans*, está envolvido no desenvolvimento da cárie dentária. Têm, portanto, um papel fundamental na formação do biofilme que desempenha um papel principal na cariogénese. A sua colonização é

facilitada pela natureza acidúrica do *S. mutans* que atua na ativação da cárie dentária (Mosaddad et al., 2019).

Os mais recentes métodos de biologia molecular, como o sequenciamento de nucleotídeos e outras tecnologias de alto rendimento, permitiram destacar os processos biológicos que demonstram o envolvimento de *S. mutans* na formação de comunidades microbianas e na cariogênese (Mosaddad et al., 2019).

O desenvolvimento da cárie não é apenas o resultado da presença de bactérias cariogênicas, mas também de uma perda de equilíbrio no biofilme oral. Existem vários factores que desencadeiam esta perda de equilíbrio, tais como uma higiene oral inadequada ou a ingestão excessiva de açúcar, levando à acidificação do biofilme, o que favorece o desenvolvimento de bactérias patogênicas acidúricas e acidogênicas, como *S. mutans*. Um biofilme ácido reduzirá, portanto, o predomínio de espécies bacterianas benéficas para a saúde oral e favorecerá um pH neutro ou básico. Este ambiente ácido conduzirá à desmineralização do esmalte dentário, um fator de risco importante na cariogênese (Pitts et al., 2021).

### **1.3. Objetivo e questão de investigação**

O objetivo deste estudo foi realçar a importância do controle do biofilme dentário no tratamento da cárie. Para tal, a pesquisa bibliográfica realizada centrou-se em abordagens eficazes e recomendações da literatura científica sobre o controle do biofilme dentário para a prevenção e tratamento da cárie.

A pesquisa efetuada foi orientada para métodos inovadores que fossem mais específicos e respeitassem mais o equilíbrio da microbiota humana e que pudessem ser implementados pelo dentista e/ou pelo próprio paciente.

Este trabalho baseou-se, portanto, na seguinte questão de investigação:

***"Como é que a cárie pode ser prevenida e tratada através do controle do biofilme dentário?"***

## II. DESENVOLVIMENTO

### 2.1. Metodologia

O presente trabalho é uma revisão integrativa da literatura. Esta pesquisa foi realizada seguindo o seguinte plano metodológico:

- 1) Análise introdutória da literatura e definição da questão de investigação
- 2) Identificação de bases de dados científicas
- 3) Detalhes dos critérios de inclusão e exclusão
- 4) Precisão da linguagem e equações de busca booleanas
- 5) Seleção de artigos
- 6) Síntese e discussão dos dados provenientes da seleção dos artigos

Foram utilizadas duas bases de dados para seleção dos artigos científicos: PubMed e ScienceDirect.

A pesquisa foi efetuada através das seguintes palavras-chave: “carie”, “biofilm”, “health”, “microbiota”, “oral flora” com recurso aos operadores booleanos “AND” e “OR”.

Foram determinados os seguintes critérios de exclusão e inclusão:

**Tabela 1**

*Critérios de inclusão e de exclusão*

<b>Critérios de inclusão</b>	<b>Critérios de exclusão</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>● Artigos publicados depois de 2015</li><li>● Artigos publicados em inglês, português ou francês</li><li>● Estudos realizados em humanos</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>● Artigos publicados em outros idiomas que não inglês, português ou francês</li><li>● Artigos com mais de 20 anos</li><li>● Estudos realizados em animais</li></ul>

A importância do controle do biofilme dentário no aparecimento da cárie

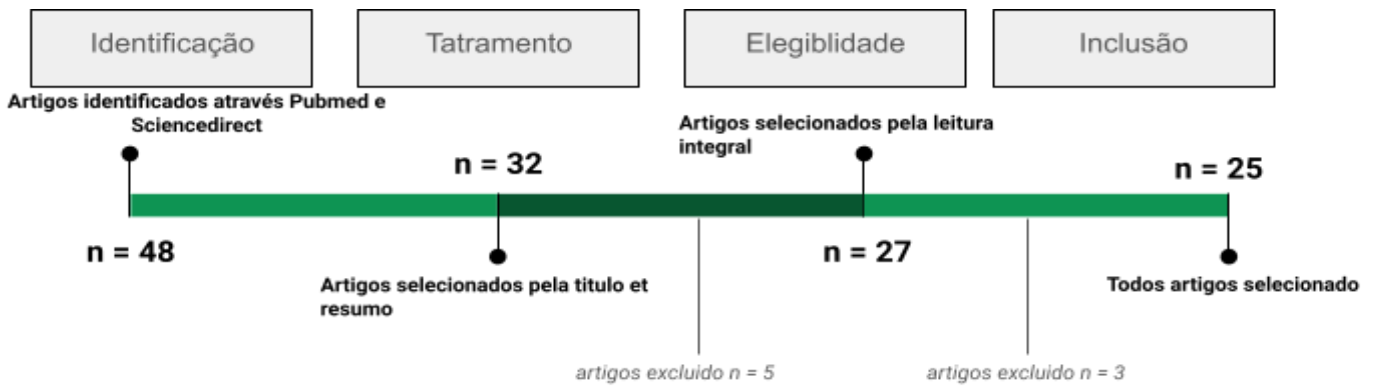
Os artigos foram selecionados seguindo diversos filtros, na seguinte ordem:

- 1) Aplicação de equações de busca booleanas;
- 2) Análise de títulos;
- 3) Análise de resumos;
- 4) Análise aprofundada do conteúdo do artigo.

Com base nisso, foram selecionados 25 artigos (ver Figura 1).

**Figura 1**

*Fluxograma do processo completo de seleção dos artigos*



## 2.2. Resultados

Os resultados dos estudos analisados estão compilados e apresentados sobre a forma de uma tabela (Tabela 2).

**Tabela 2**

*Dados extraídos dos estudos analisados*

Autor(s) (ano)	Titulo	Tipo de estudo	Objetivo	Resultados
Mosaddad, S., Tahmasebi, E., Yazdanian, M., & Tebyanian, H. (2019)	Oral microbial biofilms: an update	Artigo de revisão	Realizar uma síntese de dados atualizados da literatura sobre biofilme oral microbiano.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O desequilíbrio do biofilme oral provoca o aparecimento de cáries. Pode ser causado por fatores ambientais que afetarão o equilíbrio microbiano oral.</li> <li>• Pacientes com cárie apresentam novas espécies de microrganismos patogênicos no seu biofilme.</li> <li>• O conhecimento da composição da microbiota oral pode ajudar a prever doenças futuras e aumentar a prevenção.</li> <li>• Cada indivíduo possui uma microbiota oral específica. A estratégia de tratamento deve ser individualizada.</li> </ul>
Mishra, S., Rath, S., & Mohanty, N. (2020)	Probiotics-A complete oral healthcare package	Artigo de revisão	Revisão de dados da literatura sobre o uso de probióticos na manutenção da saúde bucal e no tratamento de diversas afeções bucais e dentárias.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Os probióticos são boas alternativas para manter a saúde oral, pois reduzem o número de <i>S. mutans</i> (bactéria envolvida na formação de cáries), reduzem a placa dentária e melhoram a saúde gengival</li> </ul>
				<ul style="list-style-type: none"> <li>• O desenvolvimento e a pesquisa ainda estão em andamento para compreender melhor o seu uso na saúde oral.</li> </ul>

A importância do controle do biofilme dentário no aparecimento da cárie

<p>Lin, Y., Chen, J., Zhou, X., &amp; Li, Y. (2021)</p>	<p>Inhibition of <i>Streptococcus mutans</i> biofilm formation by strategies targeting the metabolism of exopolysaccharides</p>	<p>Artigo de revisão</p>	<p>Esta revisão resume as possíveis estratégias direcionadas aos biofilmes de <i>S. mutans</i>, mais especificamente aos seus polissacarídeos extracelulares (EPS), degradando-os, inibindo a sua produção e interrompendo a expressão genética e os sistemas reguladores ligados ao metabolismo dos EPS.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visar os EPS é uma estratégia eficaz para prevenir o aparecimento e desenvolvimento de cáries porque atinge diretamente fatores de virulência específicos.</li> <li>• Mais estudos são necessários para implementar procedimentos clínicos eficazes.</li> </ul>
<p>Marsh, P., Do, T., Beighton, D., &amp; Devine, D. (2016)</p>	<p>Influence of saliva on the oral microbiota</p>	<p>Artigo de revisão</p>	<p>O objetivo desta pesquisa é estudar a ligação entre as moléculas de saliva e a microbiota oral, a fim de destacar o papel da saliva na manutenção da saúde bucal.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A saliva é essencial para a saúde bucal. Ao manter um pH favorável, erradicar substratos fermentáveis e contribuir para a remineralização do esmalte, a saliva contribui para manter a estabilidade da microbiota oral e limita o desenvolvimento de bactérias cariogênicas.</li> <li>• As alterações na composição da saliva, influenciadas por diversos fatores (dieta, genética, saúde sistêmica), desempenham um papel na regulação das populações microbianas e na prevenção da disbiose.</li> <li>• Novas tecnologias, incluindo o uso de metagenômica, metatranscriptômica e metametabolômica, possibilitam avanços no campo da saúde oral, pois permitem compreender melhor a microbiota oral e os seus próprios mecanismos de defesa, como a composição salivar.</li> </ul>
<p>Ray, R. (2022)</p>	<p>Dental biofilm: Risks, diagnostics and management</p>	<p>Artigo de revisão</p>	<p>Síntese dos dados da literatura relativos ao controle do biofilme dentário para evitar patologias orais e</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uma boa saúde oral é essencial para evitar problemas dentários, mas também diversas doenças crônicas.</li> </ul>

			dentárias.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Muitas estratégias como diagnóstico rápido, monitorização, uso de agentes antibiofilme em colutórios orais, escovagem regular, uso do fio dentário e implementação de terapia antimicrobiana fotodinâmica auxiliam no combate à formação de biofilme e cáries</li> </ul>
Seminario-Amez, M., López-López, J., Estrugo-Devesa, A., Ayuso-Montero, R., & Jané-Salas, E. (2017)	Probiotics and oral health: A systematic review	Artigo de revisão	Realização de uma revisão da literatura sobre a importância do uso de probióticos como método preventivo e terapêutico no contexto de infecções orais.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ao reduzir bactérias patogênicas como <i>S. mutans</i>, os probióticos desempenham um papel positivo na manutenção da saúde oral.</li> <li>No entanto, a eficácia demonstrada destes microrganismos requer investigação adicional para determinar protocolos preventivos e curativos precisos, em particular visando espécies probióticas eficazes e dosagens apropriadas.</li> </ul>
Valm, A. (2019)	The Structure of Dental Plaque Microbial Communities in the Transition from Health to Dental Caries and Periodontal Disease	Artigo de revisão	Esta revisão destaca o papel crucial do biofilme dentário na saúde oral, particularmente no aparecimento de cáries e doenças periodontais.	<ul style="list-style-type: none"> <li>A cárie dentária e a doença periodontal são as condições orais mais comuns. Provêm de um distúrbio no equilíbrio da microflora oral, denominado disbiose, e não da introdução de patógenos externos. São, portanto, influenciadas por fatores internos e ligados ao comportamento do hospedeiro, como dieta, gestão de cáries ou reações do sistema imunitário.</li> <li>A manutenção da homeostase do biofilme, ao atuar sobre fatores de risco conhecidos, previne estes desenvolvimentos patológicos e garante uma boa saúde oral. É, portanto, essencial concentrar-se nas interações microbianas dentro dos biofilmes orais e desenvolver abordagens multidisciplinares inovadoras para compreender melhor a complexidade dos biofilmes nas doenças orais.</li> </ul>

A importância do controle do biofilme dentário no aparecimento da cárie

<p>Kuang, X., Chen, V., &amp; Xu, X. (2018)</p>	<p>Novel Approaches to the Control of Oral Microbial Biofilms</p>	<p>Artigo de revisão</p>	<p>Este artigo tem como objetivo destacar novas abordagens que demonstraram sua eficácia no controle do biofilme oral envolvido em doenças infecciosas orais, visando principalmente inibir a virulência do biofilme sem induzir disbiose microbiana da cavidade oral. Estes métodos poderão ser utilizados num futuro próximo para promover eficazmente o tratamento clínico de doenças infecciosas orais e a manutenção da saúde oral.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esta revisão mostra a relevância da utilização de novos agentes antimicrobianos como nanomateriais, sais de amônio quaternário (QAS), arginina ou mesmo produtos naturais contendo polifenóis para controlar o biofilme oral e prevenir cáries.</li> <li>• Estas abordagens são técnicas promissoras para combater a resistência da cárie aos medicamentos. Contudo, mais estudos são necessários para avaliar a bioatividade e biocompatibilidade destes novos agentes, consistentes com o complexo ambiente oral.</li> </ul>
<p>Pitts, N., Twetman, S., Fisher, J., &amp; Marsh, P. (2021)</p>	<p>Understanding dental caries as a non-communicable disease</p>	<p>Artigo de revisão</p>	<p>Este artigo pretende destacar estratégias de prevenção e controle da cárie, baseadas na gestão dos fatores de risco e de proteção das doenças orais envolvidas no equilíbrio da microbiota oral, mas também daquelas associadas a outras doenças crónicas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esta revisão demonstra uma evolução desfavorável do biofilme dentário na presença de microrganismos tolerantes e produtores de ácido.</li> <li>• Este desequilíbrio da microbiota é favorecido por uma dieta rica em açúcares que aumenta o ambiente oral ácido e promove o aparecimento de cáries.</li> <li>• O controle do biofilme envolve, portanto, a regulação do pH, mantido em torno da neutralidade, a fim de adquirir um ambiente favorável às bactérias benéficas à saúde oral. Os fatores de risco de cárie são, portanto, fatores modificáveis comuns a muitas doenças crónicas não transmissíveis.</li> <li>• A prevenção da cárie é parte integrante da prevenção geral das doenças crónicas, especialmente entre os grupos socioeconómicos desfavorecidos.</li> </ul>

<p>Fernandes, T., Bhavsar, C., Sawarkar, S., &amp; D'souza, A. (2018)</p>	<p>Current and novel approaches for control of dental biofilm</p>	<p>Artigo de revisão</p>	<p>Esta revisão destaca os limites dos tratamentos convencionais para a cárie, como a cirurgia e os antibióticos que estão frequentemente associados a efeitos adversos e que são mal direcionados, bem como novas abordagens terapêuticas promissoras.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Novos tratamentos utilizados para a destruição da placa dentária, mais direcionados e menos invasivos, reduziram a incidência de cáries, bem como os efeitos colaterais induzidos pelos tratamentos convencionais.</li> <li>• Estes incluem terapia gênica mediada por vírus, uso de probióticos, terapia fotodinâmica e uso de inibidores de glucanase.</li> <li>• Esses métodos poderiam ser utilizados tanto para o aspecto curativo quanto para o preventivo, eliminando assim a necessidade de intervenção cirúrgica. No entanto, são necessários estudos adicionais para determinar a segurança e eficácia destas abordagens em comparação com os tratamentos tradicionais.</li> </ul>
<p>Chenicheri, S., Usha, R., Ramachandran, R., Thomas, V., &amp; Wood, A. (2017)</p>	<p>Insight into Oral Biofilm: Primary, Secondary and Residual Caries and Phyto-Challenged Solutions</p>	<p>Artigo de revisão</p>	<p>Este artigo descreve os principais fatores de risco e agravamento da cárie dentária, bem como o interesse e a eficácia das estratégias fitoterápicas contra esses fatores cariogênicos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A cárie é uma doença global que afeta indivíduos de todas as idades. É necessário desenvolver estratégias alternativas eficazes, personalizadas e de precisão para controlar a formação de biofilme, a fim de prevenir o aparecimento de cáries.</li> <li>• Devido à resistência aos medicamentos e aos efeitos colaterais dos tratamentos convencionais, a fitoterapia é uma alternativa encorajadora graças à sua baixa toxicidade e ampla ação, com sistemas de liberação direcionados e práticas minimamente invasivas, preservando notadamente a dentina.</li> </ul>
<p>Kilic, T., &amp; Bali, E. (2023)</p>	<p>Biofilm control strategies in the light of biofilm-forming microorganisms</p>	<p>Artigo de revisão</p>	<p>Esta revisão tem como objetivo discutir as mais recentes estratégias terapêuticas para infecções relacionadas com o biofilme.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dada a complexa composição dos biofilmes, é essencial compreender os seus mecanismos de formação para melhor combater as infecções bacterianas que derivam destes.</li> <li>• O estudo apoia a importância de estratégias</li> </ul>

				<p>avançadas de antibiofilme, como plasma atmosférico frio, nanotecnologia e abordagens ecológicas, como óleos essenciais e bacteriófagos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estas estratégias inovadoras são também uma solução para a resistência aos antibióticos. A inibição do <i>Quorum sensing</i> (QS) parece ser um método promissor como alternativa aos antibióticos tradicionais para prevenir a resistência aos medicamentos. A engenharia enzimática e o sequenciamento de DNA são novas opções como método antibiofilme para o controle de infecções orais, como a cárie.</li> <li>• É importante que estes métodos sejam desenvolvidos com agentes ecologicamente corretos e não tóxicos.</li> </ul>
Berger D, Rakhamimova A, Pollack A& Loewy Z, 2018	Oral Biofilms: Development, Control, and Analysis	Artigo de revisão	Este artigo destaca novas estratégias para analisar e controlar biofilmes orais para o controle de infecções orais.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esta revisão apresenta novas estratégias como microscopia confocal de varrimento a laser, microscopia de placa, dispositivo “calgary”, dispositivo “bioflux”, microscopia confocal a laser e microscopia atômica de força focadas na análise e controle do biofilme dentário.</li> </ul>
Yanakiev, S. (2020)	Effects of Cinnamon (Cinnamomum spp.) in Dentistry: A Review	Artigo de revisão	Esta revisão tem como objetivo descrever o efeito do óleo essencial de canela na saúde oral.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Devido à sua eficácia antimicrobiana contra infecções, o óleo essencial de canela pode contribuir na prevenção de doenças orais (cáries, doenças periodontais e endodônticas e candidíase).</li> <li>• Foi demonstrado que a aplicação clínica do óleo essencial de canela ajuda a inibir a formação e o desenvolvimento do biofilme dentário, que é um fator no aparecimento de cáries.</li> <li>• A pesquisa deve continuar para estudar o uso clínico de produtos de higiene oral contendo</li> </ul>

				óleo essencial de canela.
Valkenburg C, Slot D, Bakker E & Weijden F, 2016	Does dentifrice use help to remove plaque?	Revisão sistemática	Esta análise estuda o impacto da escovagem dentária com ou sem dentífrico na eliminação do biofilme oral e na prevenção de cáries.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Os resultados desta análise sistêmica mostram que a escovagem dentária é essencial para o controle do biofilme e prevenção da cárie.</li> <li>Também destaca que a utilização de dentífrico durante este processo não traz nenhum benefício adicional na remoção da placa bacteriana.</li> </ul>
Zhu, Y., Wang, Y., Zhang, S., Li, J., Li, X., Ying, Y., Yuan, J., Chen, K., Deng, S., & Wang, Q. (2023)	Association of polymicrobial interactions with dental caries development and prevention	Artigo de revisão	Esta revisão apresenta estratégias preventivas baseadas numa compreensão detalhada do biofilme e do seu papel no aparecimento da cárie. Este último descreve a cárie como a consequência de uma perturbação ecológica causada e agravada por fatores internos e externos que devem ser identificados de modo a tomar medidas preventivas e curativas adequadas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Este estudo mostra que o aparecimento da cárie ocorre com a interação de populações microbianas orais que promovem a formação de biofilme, a perturbação da homeostase microbiana oral e fatores genéticos.</li> <li>O estudo destaca que o desenvolvimento da cárie dentária decorre de uma alteração no equilíbrio natural da cavidade oral, intensificada pela presença de uma combinação de bactérias e fungos cariogênicos.</li> <li>Ao identificar os tipos e quantidades destes microrganismos presentes na boca, é possível prevenir eficazmente o risco de desenvolvimento de cáries, tomando medidas adequadas (antimicrobianos e probióticos) do ponto de vista ecológico.</li> </ul>
Wang, X., Li, J., Zhang, S., Zhou, W., Zhang, L., & Huang, X. (2023)	pH-activated antibiofilm strategies for controlling dental caries	Artigo de revisão	Comportamentos de risco do hospedeiro, como o consumo de açúcar ou a má higiene oral induzem ácidos excessivos e um pH baixo que, a longo prazo, irá perturbar o equilíbrio da microbiota oral e causar cáries. O objetivo deste estudo é realizar uma síntese de estratégias de	<ul style="list-style-type: none"> <li>Este estudo mostra que as terapias ativadas a baixo pH são abordagens promissoras para a prevenção da cárie dentária, porque permitem atingir especificamente os biofilmes ácidos sem deteriorar o equilíbrio da microbiota oral.</li> <li>Estes incluem agentes antimicrobianos e métodos de administração de medicamentos sensíveis ao pH.</li> </ul>

			controle do biofilme ácido baseadas na utilização de antimicrobianos ativados em baixo pH e que respeitem a microbiota oral.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A investigação realizada com experiências clínicas deve ser continuada para avaliar a eficácia <i>in vivo</i> e a longo prazo destas abordagens, mas também para estudar a sua relação custo-eficácia.</li> </ul>
Staun Larsen, L., Baelum, V., Tenuta, L., Richards, A., & Nyvad, B. (2018)	Fluoride in saliva and dental biofilm after 1500 and 5000 ppm fluoride exposure	Estudo clínico controlado aleatório	O objetivo deste estudo aleatório (duplo-cego, cruzado) foi medir o flúor na saliva e no biofilme dental (separado em partes líquidas e sólidas) após enxaguar três vezes ao dia durante 3 semanas com 0, 1500 ou 5000 ppm de flúor, incluindo uma semana de acumulação de biofilme. As medições foram realizadas em 12 indivíduos, não fumadores, sem cárie ativa ou periodontite e sem medicação recente. As amostras foram colhidas imediatamente após a lavagem e após 10, 30 e 60 minutos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enxaguar a boca com altas concentrações de flúor, especialmente 5000 ppm, aumenta a quantidade de flúor na saliva e no biofilme.</li> <li>• Esta presença de flúor no biofilme é crucial porque o biofilme desempenha um papel central no desenvolvimento da cárie. Uma maior concentração de flúor fortalece a resistência contra cáries.</li> <li>• Embora o dentífrico com flúor possa ser diluído pela saliva, os resultados do presente estudo indicam que o uso de uma pasta dentífrica com flúor a 5000 ppm pode levar a um melhor controle da cárie.</li> </ul>
Garcia, L., Delbem, A., Pessan, J., Dos Passos Silva, M., Neto, F., Gorup, L., de Camargo, E., & Danelon, M. (2019)	Anticaries effect of toothpaste with nano-sized sodium hexametaphosphate	Estudo clínico controlado aleatório	Avaliação do efeito da adição de hexametafosfato de sódio micrométrico e nanométrico (HMP) a um dentífrico fluoretado na desmineralização do esmalte, composição do biofilme e perda de dureza superficial do esmalte. O estudo foi realizado em 12 voluntários saudáveis, com idade entre 20 e 30 anos, em quatro fases de 7 dias cada.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O uso de um dentífrico incluindo hexametafosfato de sódio nanométrico (HMP) e flúor (1100F/HMP) mostra uma redução acentuada na perda de dureza e na concentração de polissacarídeos extracelulares solúveis no biofilme.</li> <li>• Foi observado também um aumento na retenção de flúor e cálcio no biofilme o que reduz o aparecimento de cáries dentárias.</li> </ul>
Freire P & all, 2018	AgNPs: The New Allies Against S. Mutans Biofilm -	Estudo clínico	O objetivo deste estudo foi avaliar as propriedades antimicrobianas de um	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Os resultados do estudo mostram que o NSF tem efeito bactericida sobre o biofilme de S.</li> </ul>

	A Pilot Clinical Trial and Microbiological Assay	controlado aleatório	novo produto contendo nanopartículas de prata, denominado Nano Fluoreto de Prata (NSF), para inibir a formação do biofilme de <i>Streptococcus mutans</i> no esmalte dentário de crianças. Este estudo foi realizado em 12 crianças de 7 a 8 anos, que receberam tratamentos no esmalte com 2 tratamentos, S1 - Nano Fluoreto de Prata e S2 - solução controle (solução salina).	<p><i>mutans</i> e, portanto, pode ser utilizado para controle clínico e prevenção da formação de biofilme dentário.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• O NSF reduz o número de colônias de <i>Streptococcus mutans</i> no biofilme dentário, sem alterar o pH e melhora o Índice de Higiene Oral Simplificado (IHO-S) de forma estatisticamente significativa.</li> </ul>
de Oliveira, A., Ferrisse, T., Marques, R., de Annunzio, S., Brighenti, F., & Fontana, C. (2019)	Effect of Photodynamic Therapy on Microorganisms Responsible for Dental Caries: A Systematic Review and Meta-Analysis	Revisão sistemática e meta-análise	O objetivo deste estudo foi realizar uma revisão sistemática da literatura seguida de uma meta-análise sobre a eficácia da terapia fotodinâmica (TFD) na inibição dos principais microrganismos responsáveis pela cárie dentária ( <i>Streptococcus mutans</i> ).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Os resultados mostram que o uso da terapia fotodinâmica (TFD) contra microrganismos cariogênicos é uma alternativa promissora.</li> <li>• Estudos adicionais são necessários para esclarecer os parâmetros deste método, bem como ensaios clínicos aleatórios e controlados para verificar os resultados in vivo.</li> </ul>
Razeghian-Jahromi, I., Babanouri, N., Ebrahimi, Z., Najafi, H., Sarbaz, M., & Montazeri-Najafabady, N. (2022)	Effect of 8% arginine toothpaste on <i>Streptococcus mutans</i> in patients undergoing fixed orthodontic treatment: randomized controlled trial	Estudo clínico controlado aleatório	Este estudo examina os efeitos do uso de um dentífrico contendo 8% de arginina no desenvolvimento de <i>Streptococcus mutans</i> nos biofilmes formados ao redor dos braquetes ortodônticos, em comparação com o uso de um dentífrico fluoretado clássico.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O estudo mostra que o dentífrico enriquecido com 8% de arginina permite uma redução na concentração de <i>Streptococcus mutans</i> nos biofilmes de indivíduos com tratamentos ortodônticos em comparação com o uso de um dentífrico fluoretado padrão.</li> </ul>
Lima, C., Tenuta, L., & Cury, J. (2019)	Fluoride Increase in Saliva and Dental Biofilm due to a Meal Prepared with Fluoridated Water or Salt: A Crossover Clinical Study	Estudo clínico controlado aleatório	O objetivo deste estudo foi avaliar o impacto de refeições preparadas com água fluoretada e sal fluoretado na concentração de flúor na saliva e no biofilme dental.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Este estudo revela um aumento no nível de flúor na saliva e no biofilme dentário após a ingestão de refeições preparadas com água fluoretada ou sal fluoretado.</li> <li>• O sal fluoretado ajuda a manter altas concentrações de flúor na saliva por duas horas</li> </ul>

				após uma refeição. A água fluoretada tem resultados equivalentes, mas por um período mais curto. A sua utilização reforça a presença de flúor no meio oral, contribuindo diretamente para o controle do biofilme, a remineralização do esmalte e a prevenção de cáries.
Kayalvizhi, G., Nivedha, D., Sajeev, R., Prathima, G., Suganya, M., & Ramesh, V. (2018)	Evaluating the Efficacy of Xylitol Wipes on Cariogenic Bacteria in 19- to 35-month-old Children: A Double-blind Randomized Controlled Trial	Estudo clínico controlado aleatório	Este estudo mostra a eficácia dos lenços dentários humedecidos em xilitol em comparação com os lenços placebo, a fim de avaliar a redução de <i>Streptococcus mutans</i> no biofilme em crianças de 19 a 35 meses.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Este estudo mostrou uma redução no número de bactérias <i>S. mutans</i> dentro do grupo que utilizou lenços humedecidos com xilitol. O uso desses lenços humedecidos é uma estratégia na prevenção de cáries em crianças pequenas.</li> </ul>
Thomassen, T., Van der Weijden, F., & Slot, D. (2022)	The efficacy of powered toothbrushes: A systematic review and network meta-analysis	Artigo de revisão	O objetivo deste estudo foi investigar a eficácia da escovagem dos dentes na remoção do biofilme utilizando uma escova de dentes elétrica em comparação com a escovagem manual. Dois sistemas elétricos foram analisados no estudo: a escova de dentes elétrica oscilante-rotativa (OR) e a escova de dentes sônica de alta frequência (HFS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>O tipo de escovagem dos dentes tem um impacto direto no controle do biofilme e, por correlação, na prevenção da cárie. Os resultados deste estudo mostram que as escovas de dentes elétricas, e as escovas de dentes OR em particular, são significativamente mais eficazes do que as escovas de dentes manuais na remoção da placa bacteriana após a escovagem</li> </ul>

<p>Zhou W, Xiaojing Hung, 2023</p>	<p>Editorial: Control of biofilms to control caries</p>	<p>Artigo de revisão</p>	<p>O objetivo deste artigo é estudar o desenvolvimento patogénico do biofilme dentário e destacar métodos inovadores e eficazes para o controlar e prevenir a cárie.</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ao estudar e compreender os processos patogénicos dos biofilmes e as suas interações com as bactérias, somos capazes de conceber estratégias antibacterianas inovadoras e eficazes para a prevenção da cárie, visando em particular <i>S. mutans</i>.</li></ul>
------------------------------------	---	--------------------------	--	---

## **2.3. Importância do controle do biofilme**

Existe uma ligação entre a formação de cárie dentária e a presença de biofilme na superfície dentária. A cárie é consequência do desequilíbrio na composição do biofilme oral onde interagem aproximadamente 1000 espécies de microrganismos.

A colonização por *Streptococcus mutans* ocorre através de efeitos significativos de acidogenicidade e aciduricidade, que são uma causa essencial para o desenvolvimento da cárie dentária. Esses ácidos criam a desmineralização do esmalte e da dentina, o que levará à cárie. A cárie pode ser considerada uma doença causada por um desequilíbrio entre bactérias patogênicas e as defesas naturais da cavidade oral. Assim, o controle dos biofilmes microbianos nas superfícies dentárias é essencial para prevenir a formação e progressão da cárie (Mosaddad et al., 2019).

A progressão da cárie dentária, embora seja uma doença comum que começa na infância, representa um risco para toda a vida. No entanto, esta doença pode ser prevenida e potencialmente revertida nas suas fases iniciais, mas requer intervenção para evitar a destruição total do dente. A chave para esta prevenção reside no controle do biofilme, esta complexa comunidade bacteriana que adere à superfície dos dentes. A remoção eficaz do biofilme pode reverter e parar a progressão da cárie, mesmo quando o esmalte ou a dentina são afetados (Mosaddad et al., 2019).

## **2.4. Estratégias de controle de biofilme**

### **2.4.1. Análise da microbiota oral**

A análise da microbiota oral permite-nos compreender a sua complexidade e o seu papel na saúde dentária. O biofilme dentário é de facto composto por um conjunto de diversas comunidades microbianas que desempenham um papel central na transição entre a saúde e a doença dentária. Uma quebra na homeostase desta microbiota causará modificações nas estruturas das comunidades bacterianas, transformando-as em comunidades patogênicas. Uma análise aprofundada da microbiota permite-nos, portanto, reconhecer espécies-chave, bem como o seu papel na cariogênese, a fim de estabelecer estratégias de controle específicas (Ray, 2022).

A análise da microbiota permite observar o predomínio das espécies bacterianas *Streptococcus mutans*, *Bifidobacterium dentium* e *Lactobacillus* spp., que estão diretamente ligadas ao desenvolvimento de cárie. Quando é causado um distúrbio no biofilme, sob o nome de disbiose (Ray, 2022), observamos que a carga de bactérias acidogénicas e acidúricas aumenta, causando a diminuição do pH e desmineralização do esmalte, que é o primeiro estágio no processo de formação da cárie (Valm, 2019).

A análise aprofundada da microbiota oral permite-nos implementar estratégias personalizadas visando bactérias específicas. A compreensão do estabelecimento de um biofilme patogénico abre espaço para estratégias que permitam a manutenção da homeostase da microbiota oral a partir do controle do biofilme (Ray, 2022).

Existem vários métodos inovadores para analisar os biofilmes dentários. A microscopia confocal de varrimento a laser (CLSM), por exemplo, fornece imagens tridimensionais dos biofilmes. Esta técnica tem a vantagem de obter imagens com diferentes níveis de profundidade, com maior precisão e sem o risco de degradação da amostra (Berger et al., 2018). Permite também demonstrar como os colutórios ou as alterações de pH podem modificar as estruturas e a viabilidade das células no biofilme. A técnica de microscopia de força atómica (AFM), por outro lado, sonda diretamente a superfície do biofilme, a uma escala nanométrica, a fim de produzir dados detalhados sobre a topografia e a química das superfícies do biofilme. A AFM também fornece informações sobre o mecanismo de crescimento e adesão do biofilme às superfícies dentárias (Berger et al., 2018).

Podem ser utilizados outros métodos para estudar a eficácia dos métodos de controle do biofilme. Por exemplo, os ensaios em placas de micropoços permitem examinar a eficácia dos agentes antimicrobianos através da análise quantitativa dos biofilmes.

Estas técnicas permitem-nos compreender com maior precisão como os biofilmes interagem com o ambiente dentário e como podem ser direccionados e eliminados de forma mais eficaz (Berger et al., 2018).

### 2.4.2. Monitorização e remoção de biofilme

Os biofilmes são estruturas complexas de microrganismos envolvidos numa matriz de substâncias poliméricas extracelulares que se ligam a superfícies bióticas e abióticas (Kilic & Bali, 2023). É no biofilme que as bactérias patogénicas se desenvolvem e os ácidos conduzem diretamente à desmineralização do esmalte e, por conseguinte, à formação de cáries (Thomassen et al., 2022).

A implementação de métodos preventivos baseados na eliminação do biofilme desde tenra idade desempenha um papel vital na prevenção da cárie dentária. A utilização regular de toalhetas de higiene dentária por crianças e bebés é uma forma eficaz de eliminar o biofilme dentário, que atua como reservatório de microrganismos patogénicos que se acumulam nos dentes. Desta forma, reduz-se a presença de bactérias cariogénicas e o risco de desmineralização do esmalte, de modo a contribuir para a saúde oral desde a infância (Kayalvizhi et al., 2018). Para além de serem eficazes e não invasivos, as toalhetas são bem aceites pelas crianças mais pequenas, particularmente nos primeiros anos de vida, quando a cooperação é complicada. Têm ainda a vantagem de poderem ser impregnadas com componentes interessantes como o flúor, que melhora a remineralização do esmalte, ou o xilitol, que reduz a concentração de *S. mutans* (Kayalvizhi et al., 2018). A sua utilização pode complementar ou constituir uma alternativa aos métodos convencionais de remoção de biofilme, permitindo a gestão precoce do biofilme.

Segundo Fernandes e colaboradores (2018), é relevante a utilização de nanopartículas e inibidores de glucansucrase para eliminar eficazmente o biofilme dentário e prevenir a cárie dentária. As nanopartículas têm a capacidade de se infiltrar nos biofilmes e libertar agentes antimicrobianos que visam diretamente as áreas infetadas, desequilibrando o material genético das bactérias patogénicas, bloqueando assim a sua reprodução (Kuang et al., 2018). Os inibidores da glucansucrase, por outro lado, têm como alvo uma enzima segregada por *Streptococcus mutans* e bloqueiam a acumulação e maturação de biofilmes nas superfícies dentárias, reduzindo assim diretamente o risco de desenvolvimento de cáries. Estes métodos são muito interessantes porque têm a capacidade de atingir com precisão os agentes patogénicos sem perturbar a homeostase

microbiana, proporcionando uma estratégia e opção de tratamento mais segura e eficaz do que os tratamentos tradicionais (Fernandes et al., 2018).

A utilização de plasmas frios e de péptidos antimicrobianos são outras estratégias novas e interessantes que permitem atacar diretamente a estrutura do biofilme sem induzir efeitos secundários, como acontece com os métodos convencionais (por exemplo, resistência aos antibióticos). Os plasmas frios danificam a matriz do biofilme sem danificar o tecido circundante, tornando o biofilme menos resistente aos tratamentos convencionais. Em particular, este método limita a capacidade das bactérias de renovar o biofilme (Fernandes et al., 2018). Os péptidos antimicrobianos são uma classe de biomoléculas que contêm características antimicrobianas intrínsecas e podem inibir os processos de formação de biofilme (Fernandes et al., 2018). A incorporação destes processos de remoção de biofilme na prática poderia, assim, otimizar as respostas ao tratamento e minimizar a ocorrência de cáries, por serem mais direcionados e menos invasivos.

Mais convencionais, mas essenciais, as recomendações do médico dentista ao paciente relativamente à escovagem dos dentes são essenciais para garantir uma melhor remoção do biofilme. As escovas de dentes elétricas, e em particular as que possuem o sistema de rotação oscilante (OR), proporcionam uma limpeza mais eficaz com maior remoção de biofilme (Thomassen et al., 2022). Em comparação com as escovas de dentes manuais, as escovas de dentes OR elétricas proporcionam uma ação mais direcionada e uniforme. A eliminação do biofilme da forma mais eficaz possível é fundamental para evitar a estagnação das colónias bacterianas e as melhorias tecnológicas nos cuidados dentários desempenham um papel essencial na prevenção do aparecimento de cáries dentárias (Thomassen et al., 2022).

### **2.4.3. Probióticos e prebióticos**

De acordo com a Organização Mundial da Saúde, os probióticos são considerados microrganismos vivos que, quando administrados em quantidades adequadas, são benéficos para a saúde do hospedeiro (Lin et al., 2021).

A literatura científica mostra que a ingestão destes microrganismos tem efeitos positivos na saúde e, em particular, benefícios terapêuticos significativos no controle de infecções, uma vez que consolidam a barreira imunológica por estimularem a multiplicação das bactérias benéficas e acabam por fortalecer assim as defesas naturais do corpo (Seminario-Amez et al., 2017). A grande maioria dos probióticos utilizados contém bactérias lácticas que pertencem aos gêneros *Lactobacillus* e *Bifidobacterium*, além de outros tipos de bactérias e leveduras como *Saccharomyces boulardii*. Muitos estudos demonstram a importância dos probióticos para a saúde gastrointestinal, pelo que são frequentemente incluídos em produtos farmacêuticos utilizados para o tratamento de distúrbios gastrointestinais (Mishra et al., 2020).

O uso de probióticos também tem um efeito positivo na saúde oral. Pode ser prescrito para diversos problemas como a periodontite, gengivite, cáries, halitose ou cancro oral (Mishra et al., 2020). Como tratamento odontológico curativo, a literatura destaca que a prescrição de probióticos é uma alternativa interessante aos antibióticos, que são mais convencionais, mas podem ter efeitos negativos na saúde gastrointestinal e podem levar a alergias e resistência a medicamentos (Mishra et al., 2020).

Vários investigadores estão atualmente a trabalhar na vertente mais preventiva deste contributo microbiano, estudando a atuação dos probióticos na preservação da saúde oral (Seminario-Amez et al., 2017). Vários estudos já conseguiram demonstrar que os probióticos podem ter um papel preventivo no aparecimento de cáries, mas segundo vários investigadores, são necessários ensaios clínicos a longo prazo para compreender como os probióticos podem ser prescritos para prevenir ou tratar problemas orais (Lin et al., 2021).

Os probióticos podem ser ingeridos através de comprimidos ou de suplementos alimentares, mas estes microrganismos também são encontrados em alimentos fermentados, como iogurtes ou kefir. O consumo de leite fermentado permite, por exemplo, reduzir a produção de exopolissacarídeos no biofilme dentário, compostos que contribuem principalmente para o desenvolvimento de bactérias produtoras de ácido e que danificam a estrutura dentária (Lin et al., 2021).

Um prebiótico é um substrato externo ao corpo, que será ingerido (via alimento ou suplemento alimentar) e que será utilizado seletivamente por determinados microrganismos do nosso corpo (Lin et al., 2021).

A L-arginina, um aminoácido encontrado na saliva humana, pode ser usada como prebiótico oral para aumentar a produção de álcalis por bactérias arginolíticas (como *Streptococcus sanguinis* e *Streptococcus gordonii*), o que aumentará o pH *in situ* e, assim, tornará o ambiente do biofilme inadequado para a microbiota cariogênica (Lin et al., 2021). A arginina também ajudará a favorecer as bactérias produtoras de amoníaco que são menos susceptíveis de promover a cárie dentária (Kuang et al., 2018).

Outro tipo de prebiótico, os álcoois de açúcar, demonstraram inibir o desenvolvimento de cáries (Lin et al., 2021). Um deles, o xilitol, é um adoçante natural que pode ser utilizado em pastilhas elásticas, rebuçados, pasta de dentes e lenços dentários. O xilitol reduz a capacidade do *S. mutans* de metabolizar açúcares e ácidos e, em geral, reduz a adesão de bactérias cariogênicas aos dentes, desempenhando assim um papel fundamental na limitação da desmineralização do esmalte dentário (Kayalvizhi et al., 2018). Os ensaios clínicos também demonstraram uma redução significativa no crescimento de *S. mutans* no biofilme quando exposto ao xilitol, demonstrando a relevância da sua utilização para induzir um ambiente favorável às bactérias benéficas e um biofilme dentário equilibrado, para a prevenção de cáries (Kayalvizhi et al., 2018; Lin et al., 2021).

Lin e colaboradores (2021) destacam no seu estudo que o uso de prebióticos combinados com probióticos permite uma redução significativa na taxa de crescimento de *S. mutans* em comparação ao uso separado.

Observa-se que o uso de probióticos e prebióticos em suplementos alimentares ou através do consumo de determinados alimentos é benéfico para a saúde oral. Contudo, a literatura científica apresenta poucas recomendações concretas (tipo de bactéria, prescrições de acordo com o tipo de patologias, etc.) para a prática da medicina dentária preventiva e curativa. Finalmente, é interessante notar que estas bactérias podem ser facilmente integradas preventivamente pelo próprio hospedeiro na sua dieta ou através da utilização de suplementos alimentares.

#### 2.4.4. Dentífrico

A composição das pastas dentífricas desempenha um papel essencial no controle do biofilme. A utilização de pastas dentífricas com uma elevada concentração de flúor mantém uma elevada concentração de flúor na saliva e no biofilme dentário. Isto inibe o crescimento bacteriano e fortalece o esmalte dentário contra ataques ácidos produzidos por bactérias cariogénicas (Staun Larsen et al., 2018). O flúor inibe as enzimas essenciais para a degradação de açúcar e, por conseguinte, reduz a produção de ácido pelas bactérias cariogénicas. Também se ligará à hidroxiapatite, um componente do esmalte, e formará fluoroapatite, que é menos solúvel pelos ácidos desenvolvidos pelas bactérias e, por conseguinte, tornará o esmalte mais resistente à desmineralização (Staun Larsen et al., 2018). Staun Larsen e colaboradores (2018) mostraram que o uso regular de pastas dentífricas fluoretadas a 5000 ppm, especialmente para indivíduos com alto risco de cárie, pode ser um meio eficaz de controlar a cárie, juntamente com instruções de técnica de escovagem do médico dentista para uma distribuição uniforme de flúor (Staun Larsen et al., 2018).

Os dentífricos que contêm arginina (um composto prebiótico) são também relevantes para o controle do biofilme dentário. De acordo com o estudo de Razeghian-Jahromi e colaboradores (2018), este tipo de pasta dentífrica é mais eficaz do que as que contêm flúor na prevenção de cáries. O uso de arginina reduz significativamente a concentração de *S. mutans*, modifica positivamente o pH do biofilme e promove a remineralização (Razeghian-Jahromi et al., 2022).

Garcia e colaboradores (2019) mostraram que os dentífricos contendo nanopartículas de hexametáfosfato de fosfato de sódio (HMPnano) também são úteis na prevenção de cáries. Este componente reduz a perda de dureza do esmalte dentário e limita a desmineralização. Em particular, a presença de HMPnano leva a um aumento da concentração de cálcio no biofilme, promovendo a remineralização, bem como a uma redução dos polissacáridos extracelulares insolúveis (Garcia et al., 2019). A utilização de uma pasta dentífrica deste tipo permite, portanto, limitar a capacidade das bactérias de desenvolver e manter um biofilme cariogénico.

Os sais de amónio quaternário são também componentes antimicrobianos muito interessantes para pastas de dentes e elixires bucais. Reduzem a carga bacteriana patogénica sem perturbar a homeostasia oral (Kuang et al., 2018).

A vantagem de usar pasta de dentes ao escovar os dentes é que permite que agentes activos como o flúor sejam aplicados e distribuídos na superfície dos dentes (Valkenburg et al., 2016). Faz sentido, portanto, usar pasta de dentes apenas se esta contiver agentes activos que sejam benéficos para a saúde dentária. Um estudo demonstrou que a remoção da placa bacteriana na escovagem com pasta dentífrica foi de 49,2%, em comparação com 50,3% na escovagem sem pasta dentífrica (Valkenburg et al., 2016). Por conseguinte, é necessário trabalhar no desenvolvimento de métodos de escovagem dos dentes e aconselhar os pacientes sobre pastas dentífricas adequadas para controlar o biofilme dentário e prevenir eficazmente as cáries.

### **2.3.5 Controle de saliva**

A saliva desempenha um papel essencial na composição do biofilme e na manutenção da saúde oral. Garante um ambiente favorável à manutenção de uma microbiota oral saudável, atuando nomeadamente no pH e no fornecimento de nutrientes e fatores antimicrobianos que irão regular e equilibrar as populações microbianas (Marsh et al., 2016). Também garante a eliminação de partículas alimentares, reduz a desmineralização da placa dentária, promove a remineralização e fornece elementos importantes para a imunidade. De acordo com Marsh e colaboradores (2016), uma redução no fluxo salivar aumenta significativamente o risco de desenvolvimento de cáries (Marsh et al., 2016). Métodos baseados no controle do fluxo salivar são, portanto, caminhos interessantes a serem seguidos para controlar o desenvolvimento do biofilme dentário.

Pode também ser adequado atuar sobre a composição da saliva para promover um ambiente oral não cariogénico. Wang e colaboradores (2023) demonstram que a utilização de nanopartículas de dióxido de ferro ( $Fe_3O_4$ ), atuando como "nanozimas", induz a criação de radicais livres na saliva que destroem as bactérias presentes no biofilme. As  $Fe_3O_4$  são estimuladas por condições ácidas, características da presença de biofilmes bacterianos cariogénicos, e promovem os processos naturais de remineralização do esmalte dentário pela saliva (Wang et al., 2023). Estas nanopartículas têm propriedades muito interessantes para reduzir a incidência de cáries e podem ser facilmente incorporadas em produtos de higiene oral, como pastas de dentes e elixires. Possuem propriedades antibacterianas e antifúngicas, são de baixa

A importância do controle do biofilme dentário no aparecimento da cárie

toxicidade para o organismo humano e promovem a inibição da formação de biofilme e a remineralização (Wang et al., 2023).

### **2.3.6. Estratégias visando *Streptococcus mutans***

Como *S. mutans* são as principais bactérias envolvidas na formação de cáries, as estratégias de tratamento são concebidas para as afetar especificamente no biofilme, sem interferir com outros tipos de bactérias. Um exemplo são os peptídeos antimicrobianos direcionados, que mantêm um equilíbrio na microbiota, substituindo a flora cariogénica por uma flora não cariogénica (Mosaddad et al., 2019). Estes péptidos são moléculas que já estão presentes no hospedeiro, mas que podem ser introduzidas como complemento das suas propriedades antimicrobianas. O GH12 é um péptido antimicrobiano que previne especificamente a formação de biofilmes cariogénicos por *S. mutans* e também previne o seu desenvolvimento enquanto protege a competitividade ecológica de diferentes estreptococos, tais como *S. sanguinis* e *S. gordonii* (Zhu et al., 2023). A saliva humana ou derivados sinteticamente modificados podem ser utilizados para otimizar a sua utilização.

É também possível atuar especificamente sobre o quorum sensing (QS) de *S. mutans* para reduzir a sua capacidade de induzir cáries (Kuang et al., 2018) (Zhu et al., 2023). O quorum sensing é um processo de comunicação célula-célula que permite às bactérias partilharem informações sobre a densidade celular e assim ajustarem a expressão genética. De facto, a presença de sinais QS inicia a produção de EPS, que são essenciais para a formação de biofilme e que tornam as bactérias resistentes aos métodos de higiene oral e aos tratamentos antimicrobianos e mais aderentes às superfícies dentárias (Zhu et al., 2023). Zhu e colaboradores (2023) mostraram que é relevante desenvolver investigação sobre inibidores de QS para a prevenção da cárie, pois permitem alterar o ambiente acidogénico e protetor de *S. mutans*, reduzir a produção de EPS e perturbar a formação de biofilmes (Zhu et al., 2023).

Os polifenóis são compostos eficazes que também podem ser especificamente direcionados para *S. mutans* e atuar sobre o QS. Têm o poder de desequilibrar os biofilmes cariogénicos, inibindo as enzimas bacterianas e limitando a adesão bacteriana às superfícies dentárias, bem como a interferência com o QS (Zhu et al., 2023).

A incorporação destes ingredientes nos produtos de higiene oral permitiria otimizar a prevenção das cáries. Permitem um controle orientado do biofilme, visando diretamente *S. mutans*, e previnem o desequilíbrio microbiano na cavidade oral, ao contrário dos anti-sépticos ou antibióticos, que tratam uma gama mais vasta e menos específica de condições (Zhu et al., 2023).

Outras estratégias não têm como alvo *S. mutans*, mas demonstraram uma eficácia significativa no seu desenvolvimento. Por exemplo, a utilização de uma combinação adequada de probióticos e prebióticos (simbióticos) reduz consideravelmente a taxa de crescimento de *S. mutans* (Lin et al., 2021). Também a utilização da canela sob a forma de óleo essencial e extractos demonstra uma ação antimicrobiana (multiplicação e adesão dentária) contra *S. mutans*, através de vários mecanismos (Yanakiev, 2020). O cinamaldeído, componente do óleo essencial de canela, possui propriedades que lhe permitem danificar as membranas celulares bacterianas, atuando sobre os lípidos, induzindo a morte bacteriana (Yanakiev, 2020). A canela intervém igualmente na síntese do ADN e do ARN bacterianos, limitando a formação e o crescimento de biofilmes (Yanakiev, 2020). Impede igualmente a produção de proteínas que permitem às bactérias sobreviver e tornar-se virulentas. É uma alternativa natural e menos agressiva à clorexidina, que pode provocar numerosos efeitos secundários, como a descoloração dos dentes e a secura da boca (Yanakiev, 2020).

Outro produto natural, o óleo essencial de noz de areca, pode ser utilizado para atacar as bactérias *S. mutans*. Este óleo inibe as glicosil transferases (Gtfs) de *S. mutans*, que são enzimas que induzem a formação de polissacáridos extracelulares (EPS) que promovem a ligação das bactérias cariogénicas às superfícies dentárias (Zhou & Huang, 2023). A utilização deste óleo permite assim limitar as propriedades cariogénicas do *S. mutans*, inibindo a produção de biofilmes sólidos e cariogénicos.

*Nano Silver Fluoride* (NSF) são nanopartículas que também inibem o crescimento de *S. mutans* no esmalte dentário. Estas nanopartículas são compostas por nanopartículas de prata (AgNPs), quitosano e flúor, cada um dos quais com características benéficas específicas (Freire et al., 2017). As nanopartículas de AgNPs possuem fortes características antimicrobianas que podem atuar sobre as actividades celulares das bactérias, rompendo as suas membranas celulares e alterando as suas funções vitais,

como a respiração celular (Freire et al., 2017). O quitosano é um biopolímero que aumenta os efeitos antimicrobianos graças às suas características, que levam a uma maior adesão dos produtos às superfícies dentárias (Freire et al., 2017). Por fim, o flúor aumenta a proteção do esmalte dentário contra o ataque ácido e evita a desmineralização (Freire et al., 2017). Quando o NSF é adicionado aos tratamentos, observa-se uma redução significativa de *S.mutans* no biofilme dentário (Freire et al., 2017).

### **2.3.7. Terapia fotodinâmica**

As pesquisas realizadas para identificar métodos eficazes de inibição do desenvolvimento do biofilme dentário permitiram destacar novas abordagens terapêuticas inovadoras. Entre elas, a terapia fotodinâmica (TFD) é uma abordagem interessante, particularmente respeitadora do ambiente oral. Esta terapia consiste na utilização de luz de comprimento de onda específico direcionada a uma molécula fotossensível (através da adição de um agente fotossensível, como o azul de metileno), que irá gerar espécies reativas de oxigénio (como peróxido de hidrogénio, radicais hidroxilo e anião superóxido) e singlete oxigénio. Esses elementos reagirão especificamente com os microrganismos causadores do biofilme dentário, sem degradar os tecidos saudáveis circundantes (Oliveira et al., 2019). Esta nova abordagem permite combater os agentes patogénicos envolvidos no aparecimento das cáries, de forma menos invasiva do que as estratégias preventivas convencionais, mais baseadas na eliminação mecânica do biofilme dentário. O estudo de Oliveira e colaboradores (2019) demonstra uma redução significativa na concentração de *Streptococcus mutans* no biofilme dentário com esta técnica. Porém, os diferentes ensaios comparados nesta mesma pesquisa não permitem identificar protocolos padronizados quanto aos parâmetros de exposição à luz, nem a escolha ideal em termos de agente fotossensível (de Oliveira et al., 2019).

### **2.3.8. Alimentação**

A dieta desempenha um papel essencial no controle do biofilme dentário e na prevenção de cáries. De facto, é sabido pela população em geral que os hidratos de carbono são um importante fator de risco para o aparecimento de cáries, mas a literatura mostra que certos componentes alimentares também podem ser protetores (Lima et al., 2019;

Kuang et al., 2018; Zhu et al., 2023; Chenicheri et al., 2017). Uma dieta rica em açúcares fermentáveis está diretamente relacionada com o aumento da produção de ácidos no biofilme pelas bactérias e com a desmineralização do esmalte dentário. Esta perturbação do ambiente oral promove diretamente o aparecimento de cáries (Valm, 2019).

O estudo realizado por Lima e colaboradores (2019) mostra que a incorporação de flúor durante a preparação das refeições influenciou positivamente a composição da saliva e do biofilme dentário. Ao utilizar água fluoretada e sal na alimentação diária, aumenta-se a concentração de flúor no biofilme, o que promove uma microbiota oral menos favorável ao desenvolvimento de bactérias cariogênicas e à sua adesão ao biofilme. À medida que a atividade bacteriana é reduzida, a desmineralização do esmalte dentário é inibida e a remineralização é facilitada (Lima et al., 2019).

Como a cárie é causada especificamente pela desmineralização do esmalte ligada ao metabolismo de bactérias cariogênicas no biofilme, Lima e colaboradores (2019) sugere que a integração adicional de flúor na dieta pode ser uma estratégia adicional relevante para reforçar as práticas tradicionais de higiene oral (escovagem dentária e pasta dentífrica fluoretada), a fim de manter a saúde dentária a longo prazo.

Certos componentes alimentares de origem vegetal também têm propriedades antimicrobianas interessantes para a prevenção de cáries, como a alicina do alho, as catequinas do chá verde, as proantocianidinas das sementes de uva e os polifenóis (Zhu et al., 2023; Chenicheri et al., 2017). Os polifenóis estão naturalmente presentes em muitos alimentos e bebidas vegetais, como o chá, o café e as bagas (Zhu et al., 2023). Os polifenóis são antioxidantes com características antimicrobianas e anti-adesivas, que impedem a ligação das bactérias às superfícies dentárias e, por conseguinte, o desenvolvimento de biofilme, sendo inofensivos para o biofilme natural (Kuang et al., 2018).

### **2.3.9. Fitoterapia**

Os fitoquímicos são compostos ativos derivados de vegetais (legumes, frutas, frutos secos, especiarias, cereais...) que podem ser utilizados para controlar a cárie dentária, atuando sobre o desenvolvimento do biofilme. Por exemplo, a alicina do alho tem propriedades antimicrobianas, as catequinas do chá verde atuam sobre o

A importância do controle do biofilme dentário no aparecimento da cárie

desenvolvimento de *Streptococcus mutans* e as proantocianidinas, das sementes de uva ou arandos, limitam as atividades enzimáticas bacterianas e a desmineralização (Chenicheri et al., 2017). Estes compostos fitoquímicos tornam assim o ambiente oral menos favorável ao desenvolvimento de bactérias patogênicas, nomeadamente limitando a acidez. A vantagem da fitoterapia é que não tem tantos efeitos secundários como os tratamentos convencionais, o que otimiza a saúde oral e a gestão da cárie dentária (Chenicheri et al., 2017).



### III. CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho foi demonstrar que a gestão orientada do biofilme dentário é crucial para prevenir o aparecimento de cáries dentárias. Para tal, centrámos a nossa investigação nos dados recentes disponíveis na literatura científica, relativos a abordagens e recomendações eficazes para o controle do biofilme dentário, com vista à prevenção e tratamento da cárie. Esta análise foi realizada através da observação dos mecanismos moleculares envolvidos na cariogénese.

Ao longo deste estudo, pudemos constatar que o controle direcionado do biofilme oferece muitas vantagens para combater eficazmente a cárie. Vimos também que uma boa compreensão do biofilme é também essencial para um controle ótimo da composição e remoção do biofilme. De facto, uma análise detalhada da microbiota oral permite-nos desenvolver estratégias terapêuticas e preventivas eficazes e minimamente invasivas para a microbiota oral, que é uma estrutura complexa que pode tornar-se patogénica se perder a sua homeostase (Ray, 2022; Valm, 2019; Berger et al., 2018).

Existem atualmente vários métodos convencionais para combater a cárie dentária, que é uma patologia oral frequente e generalizada em todo o mundo. Embora estes métodos funcionem, observámos que existem muitos processos inovadores que são competentes para uma gestão orientada e otimizada do biofilme cariogénico. Para além de serem eficazes, estes diferentes métodos têm a vantagem de respeitar melhor o equilíbrio da microbiota humana do que outras abordagens convencionais, como a terapia antibiótica.

Sabemos que a cárie dentária se desenvolve como resultado de um desequilíbrio no biofilme oral e da interação entre diferentes microrganismos. A literatura também mostra que as bactérias *S.mutans* são as principais responsáveis pelo desenvolvimento da cárie devido à sua acidogenicidade, que leva à desmineralização dos dentes. Por isso, é útil utilizar métodos que incluam compostos que actuem sobre a *S.mutans*, como os polifenóis (Zhu et al., 2023), o nanofluoreto de prata (Freire et al., 2017) ou o óleo de noz de areca (Zhou & Huang, 2023).

Os trabalhos estudados permitiram identificar duas grandes áreas complementares que reúnem diferentes estratégias de controle do biofilme: a eliminação do biofilme dentário patogénico e o controle da sua composição.

No que diz respeito à eliminação do biofilme, constatamos, antes de mais, a importância vital da escovagem dos dentes. Esta prática requer, prioritariamente, boas recomendações do dentista ao paciente, como a frequência e o tipo de escovagem (Thomassen et al., 2022). Estas recomendações devem basear-se nos dados mais recentes disponíveis na literatura e nas práticas recentes, daí a necessidade de formação contínua dos médicos dentistas. Em segundo lugar, é também relevante a utilização de determinados processos e compostos que podem alterar a estrutura do biofilme, tais como nanopartículas, inibidores da glucansucrase, plasmas frios ou péptidos antimicrobianos (Fernandes et al., 2018). Por fim, é importante propor métodos eficazes e adaptados às especificidades de cada paciente. Por exemplo, ao cuidar de um bebé ou de uma criança pequena, podemos propor a utilização de toalhetas dentárias para a remoção do biofilme (Kayalvizhi et al., 2018).

Quando se trata de controlar a composição do biofilme dentário, as recomendações do dentista são essenciais para permitir que os pacientes tomem medidas diárias para prevenir as cáries. Estas recomendações podem, numa primeira fase, incidir sobre a importância da composição da pasta dentífrica utilizada em casa. Verificámos que, na ausência de compostos relevantes para a saúde oral, a utilização de qualquer pasta dentífrica é inútil na luta contra a cárie (Valkenburg et al., 2016). Existem várias substâncias ativas que atuam no biofilme dentário e que podem ser incorporadas nos dentífricos, como a arginina (Razeghian-Jahromi et al., 2022), as nanopartículas de hexametáfosfato de fosfato de sódio (Garcia et al., 2019), os sais de amónio quaternário (Kuang et al., 2018) ou o flúor (Staun Larsen et al., 2018). Além disso, o paciente deve compreender a importância de uma dieta que previna o aparecimento de cáries, evitando alimentos ricos em açúcares fermentáveis e incluindo alimentos específicos (alho, chá verde, sementes de uva, etc.) (Zhu et al., 2023; Chenicheri et al., 2017) ou compostos ativos na dieta, como o flúor, que ajuda a reduzir a desmineralização dentária (Lima et al., 2019).

A saliva também desempenha um papel essencial na composição do biofilme e na manutenção da saúde oral (Marsh et al., 2016). Assim, um bom controle do pH e do fluxo salivar do paciente é relevante para reduzir a incidência de cáries.

A literatura também demonstra a relevância do uso de probióticos e prebióticos para controlar a composição do biofilme dentário (Lin et al., 2021; Kayalvizhi et al., 2018; Kuang et al., 2018). Eles podem ser facilmente ingeridos pelo paciente através de suplementos dietéticos ou do consumo de certos alimentos, e têm a capacidade de diminuir significativamente o crescimento de *S. mutans* (Lin et al., 2021). No entanto, esta abordagem ainda requer mais investigação científica, mais especificamente ensaios clínicos, a fim de definir protocolos e recomendações precisas a serem implementados na prática pelos dentistas.

O nosso trabalho permitiu-nos destacar várias estratégias eficazes e inovadoras de controle do biofilme, mas continua a ser necessária mais investigação para desenvolver protocolos de tratamento normalizados. Estas incluem a fitoterapia, que pode impedir o desenvolvimento de biofilme e de bactérias patogênicas com menos efeitos secundários do que os tratamentos convencionais (Chenicheri et al., 2017), e a terapia fotodinâmica, que atua de forma direcionada utilizando luz de um comprimento de onda adequado e um agente fotossensível (de Oliveira et al., 2019).

Os vários estudos que analisámos mostraram também que é importante escolher métodos que incluam compostos que limitem a desmineralização do esmalte, como o xilitol (Lin et al., 2021), o flúor (Staun Larsen et al., 2018), as nanopartículas de hexametáfosfato de sódio (Garcia et al., 2019) ou as proantocianidinas de grainhas de uva ou arandos (Chenicheri et al., 2017).

Os resultados do nosso trabalho permitiram-nos compreender que é relevante o desenvolvimento de ensaios clínicos sobre estas estratégias inovadoras e orientadas para o controle do biofilme dentário, que ainda são pouco ou nada utilizadas na prática pelos dentistas e/ou pacientes. Por exemplo, seria interessante estudar como uma dieta protetora adaptada pode reduzir a incidência de cáries numa determinada população, em comparação com uma dieta que apenas limita a ingestão de açúcar. Outro ensaio poderia também analisar o impacto da utilização de uma combinação de prebióticos e probióticos na incidência de cáries, a fim de desenvolver recomendações precisas com base nas características específicas do paciente. O objetivo geral é melhorar a gestão da

cárie de duas formas: recomendando medidas preventivas e aplicando estratégias de cuidados e prevenção mais específicas que respeitem a microbiota oral. Por último, é importante prosseguir o desenvolvimento interdisciplinar da prevenção e promoção da saúde oral, desde muito cedo e em diferentes ambientes (escolas, clínica geral, etc.), incorporando os dados recentes disponíveis na literatura científica sobre o controle do biofilme dentário, a fim de atuar eficazmente na capacitação do paciente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto, J., Rezende, K., Carvalho, T., Correa, F., Vilela, T., Bönecker, M., Salete, M., & Correa, N. (n.d.). Effectiveness of tooth wipes in removing babies' dental biofilm. *Oral Health Prev Dent*, (10(4)), 319-26. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23301232/#:~:text=Conclusions%3A%20Tooth%20wipes%20are%20effective,by%20mothers%2C%20caregivers%20and%20babies>
- Berger, D., Rakhimimova, A., Pollack, A., & Loewy, Z. (2018). Oral Biofilms: Development, Control, and Analysis. *High Throughput*, 7(3), 24. <https://doi.org/10.3390/ht7030024>
- Chenicheri, S., Usha, R., Ramachandran, R., Thomas, V., & Wood, A. (2017). Insight into Oral Biofilm: Primary, Secondary and Residual Caries and Phyto-Challenged Solutions. *Open Dent J*, 11, 312–333. <https://doi.org/10.2174/1874210601711010312>
- de Oliveira, A., Ferrisse, T., Marques, R., de Annunzio, S., Brighenti, F., & Fontana, C. (2019). Effect of Photodynamic Therapy on Microorganisms Responsible for Dental Caries: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Mol Sci*, 20(14), Artigo 3585. <https://doi.org/10.3390/ijms20143585>
- Dominguez-Bello, M., Costello, E., Contreras, M., Magris, M., Hidalgo, G., Fierer, N., & Knight, R. (2010). Delivery mode shapes the acquisition and structure of the initial microbiota across multiple body habitats in newborns. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 107(26), 11971-5. <https://doi.org/10.1073/pnas.1002601107>
- Fernandes, T., Bhavsar, C., Sawarkar, S., & D'souza, A. (2018). Current and novel approaches for control of dental biofilm. *Int J Pharm*, 536(1), 199-210. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2017.11.019>
- Freire, P., Albuquerque, A., Sampaio, F., Galembeck, A., Flores, M., Stamford, T., & Rosenblatt, A. (2017). AgNPs: The New Allies Against S. Mutans Biofilm - A Pilot Clinical Trial and Microbiological Assay. *Braz Dent J*, 28(4), 417-422. <https://doi.org/10.1590/0103-6440201600994>
- Garcia, L., Delbem, A., Pessan, J., Dos Passos Silva, M., Neto, F., Gorup, L., de Camargo, E., & Danelon, M. (2019). Anticaries effect of toothpaste with nano-sized sodium hexametaphosphate. *Clin Oral Investig*, 23(9), 3535-3542. <https://doi.org/10.1007/s00784-018-2773-7>
- Kayalvizhi, G., Nivedha, D., Sajeev, R., Prathima, G., Suganya, M., & Ramesh, V. (2018). Evaluating the Efficacy of Xylitol Wipes on Cariogenic Bacteria in 19- to 35-month-old Children: A Double-blind Randomized Controlled Trial. *nt J Clin Pediatr Dent*, 11(1), 13-17. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10005-1476>
- Kayalvizhi, G., Nivedha, D., Sajeev, R., Prathima, G., Suganya, M., & Ramesh, V. (2018). Evaluating the Efficacy of Xylitol Wipes on Cariogenic Bacteria in 19- to

- 35-month-old Children: A Double-blind Randomized Controlled Trial. *Int J Clin Pediatr Dent*, 11(1), 13-17. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10005-1476>
- Kilic, T., & Bali, E. (2023). Biofilm control strategies in the light of biofilm-forming microorganisms. *World J Microbiol Biotechnol*, 39(5), 131. <https://doi.org/10.1007/s11274-023-03584-6>
- Kuang, X., Chen, V., & Xu, X. (2018). Novel Approaches to the Control of Oral Microbial Biofilms. 2018, Artigo 6498932. <https://doi.org/10.1155/2018/6498932>
- Lima, C., Tenuta, L., & Cury, J. (2019). Fluoride Increase in Saliva and Dental Biofilm due to a Meal Prepared with Fluoridated Water or Salt: A Crossover Clinical Study. *Caries Res*, 53(1), 41-48. <https://doi.org/10.1159/000489132>
- Lin, Y., Chen, J., Zhou, X., & Li, Y. (2021). Inhibition of *Streptococcus mutans* biofilm formation by strategies targeting the metabolism of exopolysaccharides. *Crit Rev Microbiol*, 47(5), 667-677. <https://doi.org/10.1080/1040841X.2021.1915959>
- Marsh, P., Do, T., Beighton, D., & Devine, D. (2016). Influence of saliva on the oral microbiota. *Periodontol 2000*, 70(1), 80-92. <https://doi.org/10.1111/prd.12098>
- Mishra, S., Rath, S., & Mohanty, N. (2020). Probiotics-A complete oral healthcare package. *J Integr Med*, 18(6), 462-469. <https://doi.org/10.1016/j.joim.2020.08.005>
- Mosaddad, S., Tahmasebi, E., Yazdanian, M., & Tebyanian, H. (2019). Oral microbial biofilms: an update. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis*, 38(11), 2005-2019. <https://doi.org/10.1007/s10096-019-03641-9>
- Pitts, N., Twetman, S., Fisher, J., & Marsh, P. (2021). Understanding dental caries as a non-communicable disease. *Br Dent J*, 749-753. <https://doi.org/10.1038/s41415-021-3775-4>
- Ray, R. (2022). Dental biofilm: Risks, diagnostics and management. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 43, Artigo 102381. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2022.102381>
- Razeghian-Jahromi, I., Babanouri, N., Ebrahimi, Z., Najafi, H., Sarbaz, M., & Montazeri-Najafabady, N. (2022). Effect of 8% arginine toothpaste on *Streptococcus mutans* in patients undergoing fixed orthodontic treatment: randomized controlled trial. *Dental Press J Orthod*, 27(3), Artigo e2220322. <https://doi.org/10.1590/2177-6709.27.3.e2220322.oar>
- Seminario-Amez, M., López-López, J., Estrugo-Devesa, A., Ayuso-Montero, R., & Jané-Salas, E. (2017). Probiotics and oral health: A systematic review. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*, 22(3), e282-e288. <https://doi.org/10.4317/medoral.21494>

- Staun Larsen, L., Baelum, V., Tenuta, L., Richards, A., & Nyvad, B. (2018). Fluoride in saliva and dental biofilm after 1500 and 5000 ppm fluoride exposure. *Clin Oral Investig*, 22(3), 1123-1129. <https://doi.org/10.1007/s00784-017-2195-y>
- Thomassen, T., Van der Weijden, F., & Slot, D. (2022). The efficacy of powered toothbrushes: A systematic review and network meta-analysis. *Int J Dent Hyg*, 20(1), 3-17. <https://doi.org/10.1111/idh.12563>
- Valkenburg, C., Slot, D., Bakker, E., & Van der Weijden, F. (2016). Does dentifrice use help to remove plaque? -A Systematic Review-. <https://doi.org/10.1111/jcpe.12615>
- Valm, A. (2019). The Structure of Dental Plaque Microbial Communities in the Transition from Health to Dental Caries and Periodontal Disease. *J Mol Biol*, 431(16), 2957-2969. <https://doi.org/10.1016/j.jmb.2019.05.016>
- Wang, X., Li, J., Zhang, S., Zhou, W., Zhang, L., & Huang, X. (2023). pH-activated antibiofilm strategies for controlling dental caries. *Front Cell Infect Microbiol*, 13, Artigo 1130506. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2023.1130506>
- Yanakiev, S. (2020). Effects of Cinnamon (*Cinnamomum* spp.) in Dentistry: A Review. *Molecules*, 25(18), Artigo 4184. <https://doi.org/10.3390/molecules25184184>
- Zhu, Y., Wang, Y., Zhang, S., Li, J., Li, X., Ying, Y., Yuan, J., Chen, K., Deng, S., & Wang, Q. (2023). Association of polymicrobial interactions with dental caries development and prevention. *Front Microbiol*, 14, Artigo 1162380. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1162380>
- Zijngel, V., van Leeuwen, M., Degener, J., Abbas, F., Thurnheer, T., Gmür, R., & Harmsen, H. (2021). *Oral biofilm architecture on natural teeth* (Vol. 5(2)). PLoS One. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0009321>
- Zhou, W., & Huang, X. (2023). Editorial: Control of biofilms to control caries. *Front Cell Infect Microbiol*, Artigo 1332907. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2023.1332907>