



Análise microbiana e microscópica da superfície radicular do dente acometido por doença periodontal

Microbial and microscopic analysis of the root surface of teeth affected by periodontal disease

Análisis microbiano y microscópico de la superficie radicular de dientes afectados por enfermedad periodontal

Ana Júlia Andrade Rodrigues¹, Adrielle de Jesus Oliveira¹, Ana Carolina Ferreira Camargos¹, Mariana Gonçalves Lopes¹, Agnaldo Rocha Souza Junior¹, Melissa Barral Maia¹

RESUMO

Objetivo: Analisar a literatura atual sobre a dinâmica das colônias bacterianas dentro da bolsa periodontal e sobre o cimento e a dentina radicular. **Revisão bibliográfica:** A revisão revelou que o biofilme bacteriano subgingival é altamente organizado, contendo espécies como *Porphyromonasgingivalis*, *Treponema denticola* e *Tannerellaforsythia*. Esses microrganismos são favorecidos por condições anaeróbicas, especialmente em bolsas periodontais, onde a resposta imune do hospedeiro é insuficiente para conter a inflamação. Este biofilme adere às superfícies rugosas do cimento radicular e às áreas de reabsorção, dificultando sua remoção e favorecendo a liberação de endotoxinas e ácidos que danificam o cimento e a dentina radicular. Além disso, sua estrutura heterogênea, composta por diferentes formas bacterianas, contribui para a progressão da periodontite. **Considerações finais:** Entender a interação entre o biofilme e os tecidos periodontais é essencial para criar terapias mais eficazes, bem como para a melhora do prognóstico e para a prevenção da doença periodontal.

Palavras-chave: Biofilme, Cimento, Bolsa periodontal.

ABSTRACT

Objective: To analyze the current literature on the dynamics of bacterial colonies with in the periodontal pocket and on the cementum and root dentin. **Bibliographic review:** The review revealed that the subgingival bacterial biofilm is highly organized, containing species such as *Porphyromonasgingivalis*, *Treponema denticola* and *Tannerellaforsythia*. These microorganisms are favored by anaerobic conditions, especially in periodontal pockets, where the host's immune response is insufficient to contain inflammation. This biofilm adheres to the rough surfaces of the root cementum and areas of resorption, making it difficult to remove and favoring the release of endotoxins and acids that damage the cementum and root dentin. Furthermore, its heterogeneous structure, composed of different bacterial forms, contributes to the progression of periodontitis. **Final considerations:** Understanding the interaction between biofilm and periodontal tissues is essential to create more effective therapies, as well as to improve the prognosis and prevent periodontal disease.

Keywords: Biofilm, Cementum root, Periodontal pocket.

RESUMEN

Objetivo: Analizar la literatura actual sobre la dinámica de las colonias bacterianas dentro de la bolsa periodontal y sobre el cemento y la dentina radicular. **Revisión bibliográfica:** La revisión reveló que la biopelícula bacteriana subgingival está altamente organizada y contiene especies como *Porphyromonasgingivalis*, *Treponema denticola* y *Tannerellaforsythia*. Estos microorganismos se ven favorecidos por condiciones anaeróbicas, especialmente en las bolsas periodontales, donde la respuesta

¹ Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES), Montes Claros – MG.

inmune del huésped es insuficiente para contener la inflamación. Este biofilm se adhiere a las superficies rugosas del cemento radicular y zonas de reabsorción, dificultando su eliminación y favoreciendo la liberación de endotoxinas y ácidos que dañan el cemento y la dentina radicular. Además, su estructura heterogénea, compuesta por diferentes formas bacterianas, contribuye a la progresión de la periodontitis. **Consideraciones finales:** Comprender la interacción entre el biofilm y los tejidos periodontales es fundamental para crear terapias más efectivas, así como para mejorar el pronóstico y prevenir la enfermedad periodontal.

Palabras clave: Biopelícula, Cemento, Bolsa periodontal.

INTRODUÇÃO

O biofilme, também conhecido como placa bacteriana, retrata uma comunidade de microrganismos aderidos a uma superfície, organizados em estrutura tridimensional e complexa. Esse agregado microbiano pode se acumular na margem gengival dos elementos dentários humanos e levar a uma resposta inflamatória dos tecidos circundantes e de suporte desse dente. Esta resposta se caracteriza pela presença de um infiltrado inflamatório nos tecidos, que ocasiona uma doença que possui caráter progressivo e crônico, com altos níveis de prevalência e incidência entre as doenças humanas mediadas por micróbios: a doença periodontal (GRANDE FZ, et al., 2007; VALM AM, 2019; YAN Y et al., 2020; CORTÉS ME, 2023).

O biofilme pode ser dividido em supragengival (quando se situa na área acima da linha da gengiva) e subgengival (situada na área abaixo da linha da gengiva), e pode determinar a progressão da doença periodontal a depender da quantidade e da virulência dos microrganismos que o compõem (ETO FS, 2003). De acordo com Loesche WJ e Syed AS (2013), tais fatores de virulência estão relacionados à presença de microrganismos específicos capazes de produzir substâncias destruidoras dos tecidos que suportam o dente do hospedeiro, agravando o quadro periodontal. Portanto, a localização do biofilme, associada à virulência microbiana e às respostas imunes do hospedeiro, configura um conjunto de fatores de risco para o desenvolvimento da doença periodontal, principalmente a periodontite (ANTONNI R, et al., 2013).

Como consequência da quantidade e da virulência dos microrganismos presentes no biofilme subgengival, tem-se a formação de bolsas periodontais. A bolsa periodontal refere-se a um aprofundamento apical anormal do epitélio que está presente no espaço entre a gengiva e a superfície do dente (sulco gengival), sendo este aprofundamento ocasionado pela destruição dos tecidos de suporte do dente, o cemento, o ligamento e o osso alveolar, pelo processo inflamatório desencadeado pela presença das bactérias do biofilme (FOSTER BL, 2012; MOREIRA MTO, 2017; YAN Y, et al., 2020). A presença e a profundidade de uma bolsa periodontal são importantes indicadores para o diagnóstico da periodontite (CAMPOS JR; BARBOSA FI, 2023).

Assim, visando o fim da bolsa periodontal, a terapia periodontal atual baseia-se primariamente na remoção mecânica do biofilme supragengival e, principalmente, subgengival, através da técnica de alisamento e aplainamento da superfície radicular contaminada, o que evita a perda da estrutura dental e leva ao restabelecimento da saúde dos tecidos e de toda a cavidade bucal (GRANDE FZ, et al., 2007). Este tratamento, conhecido popularmente como raspagem, tem se mostrado efetivo para eliminação do processo inflamatório da periodontite (LIMEIRA WMJ, et al., 2024), uma vez que, após a adequada remoção das bactérias do biofilme que contaminaram os tecidos duros (dentina e cemento), ocorre uma melhora significativa do quadro de doença.

Todavia, questiona-se sobre a presença de biofilme por toda a extensão da bolsa, problematizando a real necessidade de uma raspagem que se estende por toda a estrutura radicular. Sendo assim, sugere-se que um manejo menos radical do cemento durante o tratamento da periodontite poderia levar a uma melhor regeneração do tecido acometido pela doença, visto que o acúmulo de biofilme e a inflamação dos tecidos de proteção e suporte são os fatores principais da doença periodontal e que esse acúmulo bacteriano se dá sobre um tecido fundamental para o suporte e manutenção do dente.

Para tanto, percebe-se que, para dar sequência a esse raciocínio, há necessidade de uma melhor compreensão de como ocorre a colonização e a dinâmica das bactérias patogênicas sobre esta estrutura radicular. Encontrar respostas para perguntas como: “Existe bactéria ou biofilme em toda extensão da bolsa periodontal que justifica uma raspagem e alisamento radicular de forma profunda ou em toda extensão da

bolsa?”, “O biofilme também é capaz de destruir o cimento no qual está aderido?” poderia melhorar a compreensão atual da doença e talvez modificar seu tratamento no futuro. Portanto, este trabalho objetivou realizar uma revisão atual da literatura e sua compreensão sobre a dinâmica do biofilme sobre as estruturas radiculares na doença periodontal.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Durante a execução deste trabalho, foram identificados, por meio de uma revisão de literatura, importantes aspectos relacionados ao biofilme da doença periodontal e ao seu dano sobre o cimento.

Biofilme e Periodontite

O biofilme é retratado como uma comunidade estruturada de microrganismos que aderem a superfícies biológicas ou abióticas, envoltos por uma matriz extracelular polimérica que eles próprios produzem. Essa matriz extracelular confere proteção aos microrganismos, dificultando a ação de agentes antimicrobianos e da resposta imunológica do hospedeiro. No contexto da saúde bucal, o biofilme dental se forma sobre as superfícies dos dentes e do cimento radicular, desempenhando um papel crucial no desenvolvimento de doenças periodontais (VALM AM, 2019).

A periodontite, por sua vez, é caracterizada pelo acúmulo do biofilme bacteriano na linha gengival e no interior do sulco gengival. Este biofilme é o responsável por ocasionar a destruição dos tecidos de suporte do dente e o aprofundamento do epitélio juncional, levando, conseqüentemente, à formação de bolsas periodontais. Bosshardt DD (2018) apresentou um trabalho com o objetivo de relatar como a formação de uma bolsa periodontal é a característica essencial da doença periodontal progressiva: o epitélio da bolsa é considerado fundamental no desenvolvimento de periodontite, uma vez que a formação de bolsas resulta da disseminação subgengival de bactérias em condições de defesa prejudicadas.

Esse acúmulo de bactérias em direção subgengival faz com que o corpo reaja com uma inflamação que, com o tempo, destrói as fibras que conectam o tecido conjuntivo ao dente. Além da destruição das fibras conjuntivas, a periodontite provoca a reabsorção óssea progressiva, resultando na perda de suporte dos dentes. Nos estágios mais avançados da doença, os dentes tornam-se cada vez mais frágeis, podendo apresentar mobilidade acentuada e migração patológica. Em casos extremos, a perda irreversível do tecido de suporte pode levar à necessidade de extração do dente, representando um avanço significativo do quadro da periodontite (ZIJNGE V, et al., 2010).

Em um contexto de saúde periodontal, os mecanismos de defesa do corpo conseguem apresentar uma resposta eficaz contra as bactérias. No entanto, como descrito por Bosshardt DD (2017), quando ocorre a destruição do epitélio juncional e a formação de espaços (as chamadas bolsas periodontais), o biofilme bacteriano se aprofunda e se expande. Dessa forma, o sistema imunológico não consegue conter a inflamação, ocorrendo a disseminação subgengival de bactérias, o que dificulta o controle da doença periodontal.

Espécies de bactérias e organização do biofilme

Em seus estudos, Douglass KD et al. (1990) observaram que as áreas coronais e médias do terço apical das raízes com doença periodontal apresentavam espessas camadas de cálculo conflúente, cobertas por uma placa bacteriana superficial. Essa placa era composta predominantemente por cocos, bacilos curtos e longos, organismos filamentosos, fusiformes e espiroquetas. Na região mais apical do terço apical, os cocos, bacilos curtos e longos, organismos filamentosos e espiroquetas também prevaleciam, mas o cálculo era mais fino e contínuo.

Dessa forma, Zijng V, et al. (2010) vêm destacar que os biofilmes apresentam estruturas altamente organizadas com uma crescente especificidade taxonômica à medida que se desenvolvem, evidenciando a presença progressiva de diferentes espécies bacterianas. Essas comunidades microbianas são extraordinariamente complexas e ricas em espécies, refletindo uma organização que não é aleatória. Nesse contexto, a transição de um estado saudável para um patológico na doença periodontal não envolve um único

organismo isolado, mas sim uma mudança na composição e na abundância das espécies presentes na comunidade microbiana subgengival. Isto também é relatado por Valm AM (2019), o qual afirma que as comunidades microbianas presentes nas regiões supragengivais, no fluido crevicular gengival e nas áreas subgengivais demonstram uma notável complexidade e diversidade, com uma organização espacial bem definida.

Curtis MA, et al. (2020) descrevem que a formação não aleatória do biofilme se deve ao fato de que a região subgengival protege o biofilme de ações externas (como saliva e escovação), além de que a falta de oxigênio nesse local cria condições ideais para o crescimento de bactérias anaeróbicas, diferenciando, assim, a comunidade subgengival daquela presente acima da gengiva. No entanto, Griffen et al. (2011) já haviam observado que as mudanças na comunidade microbiana não são exclusivamente decorrentes da presença de bolsas periodontais profundas com menores concentrações de oxigênio. Embora essas bolsas sejam novos habitats que permitem o estabelecimento de espécies adicionais, essa condição também é encontrada em bolsas rasas de indivíduos com periodontite, indicando que outros fatores podem influenciar a progressão da doença.

A formação de um habitat microbiano começa com um pequeno número de espécies pioneiras, seguidas pela sucessão da comunidade com complexidade crescente até se tornar estável e auto perpetuante. Variações nas condições ambientais podem permitir que, em uma população mista, uma ou outra espécie "floresça" e novas espécies entrem em competição, enquanto outras morrem. Consequentemente, a diversidade microbiana subgengival é grande e engloba bactérias, arqueas, fungos e vírus, sendo a predominância das bactérias, as quais possuem uma estimativa de 500 espécies diferentes (BOSSHARDT DD, 2017; VALM AM, 2019; CURTIS MA, et al., 2020).

A associação exclusiva da periodontite com bactérias Gram-negativas é uma visão simplista da doença. Embora a microbiota bucal saudável seja predominantemente composta por Gram-positivas, algumas dessas bactérias também estão implicadas na progressão da periodontite. Pesquisas sugerem que a técnica de coloração pode ter influenciado a interpretação dos resultados em estudos anteriores, subestimando a presença de certas Gram-positivas, como *Filifactoralocis*, que desempenham um papel relevante na doença. Além disso, tanto em condições saudáveis quanto na periodontite, a comunidade bacteriana subgengival é composta por uma diversidade de microrganismos com diferentes reações à coloração de Gram.

O aumento da proporção de bactérias Gram-negativas observado na periodontite parece estar mais relacionado à redução de determinadas espécies de estreptococos (classificadas como Gram-positivas), que são mais abundantes em bocas saudáveis (GRIFFEN AL, et al., 2011). Rusu D, et al. (2020), em uma análise morfológica, também destacaram a presença de diferentes formas bacterianas no biofilme, com predominância de cocos, seguidos por bastonetes, filamentos e formas móveis (como espiroquetas), semelhantemente ao que é relatado por Douglas KD, et al. (1990). Além disso, a composição bacteriana do biofilme variava conforme a localização, com maior presença de bactérias anaeróbicas no interior das lesões apicais.

Zijngel V, et al. (2010), relatam que os primeiros estudos de cultura do biofilme identificaram um grupo de três membros de organismos gram-negativos denominado "Complexo Vermelho" — *Porphyromonasgingivalis*, *Treponema denticola* e *Tannerellaforssythia* —, mais presente nos microbiomassubgengivais. Os autores descreveram quatro camadas distintas na placa subgengival de indivíduos com periodontite. Na camada basal do biofilme predominavam *Actinomyces* spp, mais próximos à superfície do dente. *Fusobacterium*, juntamente com *Tannerella*, foram identificados nas camadas intermediárias, enquanto *Prevotella* e *Porphyromonas* se localizaram nas camadas apicais e intermediárias.

As bactérias do grupo *Cytophaga-Flavobacterium-Bacteroides* foram observadas nas camadas apicais, enquanto *Treponema* estava frouxamente disposto superiormente ao biofilme densamente compactado, o que também é relatado por Griffen AL, et al. (2011). No entanto, Valm AM (2019), afirma que principais gêneros bacterianos presentes nas áreas subgengivais incluem também o *Streptococcus*, *Corynebacterium*, *Capnocytophaga*, *Haemophilus/Aggregatibacter*, *Fusobacterium*, *Leptotrichia*, *Veillonella*, *Neisseria*, *Rothia*, *Actinomyces*, *Lautropia*, além da *Prevotella*, e *Porphyromonas*, já relatados anteriormente. Esses achados

ressaltam a complexidade e a diversidade da microbiota subgengival, onde as interações entre diferentes espécies bacterianas podem contribuir significativamente para o desenvolvimento e progressão da periodontite, resultando em uma maior produção de substâncias inflamatórias que afetam diretamente o cimento e a dentina radicular.

Zona livre de placa

Rusu D, et al. (2020), descreveram uma zona livre de placa na doença periodontal. Essa zona apresentava um número surpreendentemente baixo de bactérias e estava situada adjacente à inserção epitelial, se destacando pela ausência de cálculo e, como o nome sugere, pela falta de uma placa organizada. As bactérias encontradas nessa região pareciam resistir à resposta antimicrobiana do hospedeiro, enquanto a maioria dos microrganismos presentes no limite apical dessa área eram destruídos. A presença de uma matriz pobre em microrganismos na superfície radicular apical pode ser explicada por um estágio primário de colonização ou por mecanismos de defesa locais contra o acúmulo de biofilme.

Douglass KD, et al. (1990), também já relatavam a existência da chamada zona "sem placas" na raiz, com variação de largura entre 0,5 e 1,0 mm. No entanto, observaram agregados microbianos dispersos aleatoriamente, frequentemente consistindo de pequenos grupos ou microrganismos isolados. A "zona livre de placas" da raiz não estava isenta de bactérias, pois apresentava populações dispersas de bastonetes curtos e espiroquetas, em pequenas quantidades. Para os autores, o limite apical dessa zona não é claramente delimitado.

Relação do biofilme e o cimento radicular

O cimento radicular é caracterizado por ser um tecido mineralizado especializado que reveste a superfície radicular e desempenha um papel essencial na fixação do dente ao ligamento periodontal adjacente (PDL), além de contribuir para a homeostase e reparo do periodonto ao longo da vida (LEE AHC, et al., 2021). Dessa forma, o cimento radicular apresenta diferentes formas e funções ao longo da raiz dentária, sendo fundamental para a integridade estrutural e funcional do periodonto. Sendo assim, o cimento acelular que recobre a porção cervical da raiz é essencial para a fixação do dente ao ligamento periodontal adjacente, enquanto o cimento celular, presente na raiz apical, é hipotetizado para desempenhar um papel no movimento dentário pós-eruptivo e na adaptação à oclusão.

Além disso, o cimento estratificado misto, composto por camadas acelulares e celulares, pode ser encontrado nas raízes apicais ou na região de furca de algumas espécies (LEE AHC, et al., 2021). A relação entre o biofilme e o cimento radicular é complexa e está associada ao processo de colonização bacteriana em superfícies radiculares expostas, especialmente nas áreas subgengivais.

O biofilme se adere ao cimento radicular, inicialmente, por meio de interações onde as bactérias aderem a uma camada cuticular composta por material amorfo derivado do ambiente do sulco periodontal. A presença de biofilme na superfície radicular pode ser mediada por fatores locais, como o acúmulo de material eletrônico proveniente da desintegração de polimorfonucleares e as alterações no estado imunológico dos pacientes, como níveis elevados de imunoglobulinas (RUSU D, et al., 2020).

À medida que a doença periodontal progride, as bolsas gengivais se tornam maiores, criando um ambiente propício para a proliferação de bactérias. Esse aumento na profundidade das bolsas dificulta a remoção do biofilme por meio da escovação e do uso do fio dental, permitindo que microrganismos patogênicos se acumulem e se estabeleçam. Com o tempo, a colonização bacteriana intensifica a inflamação e a destruição dos tecidos de suporte, aproximando as bactérias das regiões radiculares (VALM AM, 2019).

De acordo Vrahopoulos TP et al. (1995), a presença de biofilme na superfície do cimento radicular pode induzir danos significativos ao tecido mineralizado, principalmente devido à ação das endotoxinas bacterianas e ácidos produzidos pelas bactérias anaeróbicas que predominam em ambientes subgengivais. A colonização bacteriana nas lacunas do cimento e nas baías de reabsorção pode dificultar a eliminação completa do biofilme, tornando-o mais resistente aos tratamentos convencionais, tais como raspagem e alisamento radicular. O mesmo foi descrito por Rusu D et al. (2020) e Yan Y et al. (2020), os quais demonstram que áreas

de reabsorção do cimento funcionam como "esconderijos perfeitos" para o biofilme, tornando a remoção do biofilme mais difícil.

Essas áreas podem estar desprovidas de microrganismos ou conter agregados bacterianos pequenos, mas a presença de biofilme maduro, especialmente nas regiões de cálculo e reabsorção, está frequentemente associada à rugosidade da superfície radicular, o que facilita a aderência e a colonização bacteriana.

Na região apical da raiz, onde o ambiente ácido produzido pelo biofilme é mais pronunciado, observa-se um processo de dissolução do cimento radicular semelhante ao observado na cárie radicular, que é um fenômeno incomum, já que, normalmente, a cárie afeta a região coronária dos dentes. No entanto, Yan Y et al. (2020) afirma que a endotoxina está frouxamente ligada e pode ser removida com intervenções adequadas, como o alisamento radicular. Essa técnica visa remover o biofilme e outros elementos inflamatórios, restaurando a biocompatibilidade do cimento e promovendo a cicatrização do tecido periodontal, o qual passa por um processo cicatricial, ou seja, de reparo, e não por um regenerativo (FOSTER BL, 2012; YAN Y, et al. 2020).

Apesar disso, Foster BL et al. (2012), ressaltam que o alisamento excessivo pode resultar na remoção desnecessária do cimento, comprometendo, assim, a reparação verdadeira dos tecidos destruídos, especialmente devido ao fato de que, durante o processo, remove-se tanto a dentina quanto o cimento contaminado, o qual desempenha fundamental importância na inserção das fibras periodontais que ligam o dente ao osso e a outros tecidos (LIU J, et al., 2019; YAN Y, et al. 2020; LEE AHC, et al., 2021).

Desta forma, o tratamento eficaz da doença periodontal continua a ser um desafio de longo prazo e uma questão complexa, visto que, para a eliminação dos focos de infecção e inflamação, deve-se considerar a região de cimento radicular infectado (YAN Y, et al. 2020), e a sua remoção é crítica quando se busca uma regeneração do suporte do dente. Sendo assim, o envolvimento tanto da proteção do biofilme nas lacunas de reabsorção quanto os danos causados pela ação microbianadificultam a recuperação periodontal e tornam o tratamento mais desafiador.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A remoção eficaz do biofilme subgingival continua sendo um dos maiores desafios no tratamento da periodontite, especialmente nas regiões mais profundas das bolsas periodontais, onde o biofilme tende a ser mais resistente aos tratamentos convencionais. Espécies patogênicas, como *Porphyromonasgingivalis*, *Treponema denticola* e *Tannerellaforisynthia*, além de outras bactérias gram-negativas e anaeróbias, predominam nessas áreas subgingivais, desempenhando um papel fundamental na destruição das fibras de colágeno e do osso alveolar. Porém, a evidência de uma zona livre de biofilme entre 0,5 mm e 1 mm mostra uma possível área de transição, o que sugere a existência de um espaço livre de bactérias que pode ser relevante para o planejamento de tratamentos mais específicos e eficazes. Além disso, o biofilme tem a capacidade de destruir o cimento radicular, formando cavidades ou "nichos" que dificultam a erradicação completa das bactérias. Esses espaços protegidos podem criar um ambiente favorável à manutenção das infecções, tornando a recuperação do tecido periodontal mais desafiadora. Portanto, embora os tratamentos atuais mostrem eficácia no controle da periodontite, a dificuldade em eliminar completamente o biofilme e suas implicações no processo de destruição óssea e dentária exigem a continuidade nas pesquisas, alimentando o questionamento da necessidade de uma raspagem que se estende por toda a estrutura radicular do dente acometido pela doença periodontal. Estudos profundos e atuais sobre as comunidades microbianas, suas interações e a adaptação dos tratamentos podem oferecer novas perspectivas para o manejo clínico da periodontite, promovendo melhores resultados a longo prazo para os pacientes. A compreensão detalhada da interação entre o biofilme e os tecidos periodontais é crucial para o desenvolvimento de terapias mais eficazes, bem como a melhora do prognóstico e prevenção da doença periodontal.

REFERÊNCIAS

1. ANTONINI R, et al. Fisiopatologia da doença periodontal, *Revista Inova Saúde*, 2013; 2: 90-107.
2. ARZATE H, et al. Cementum proteins: role in cementogenesis, biomineralization, periodontium formation and regeneration, *Periodontology 2000*, 2014; 67(1): 211-233.
3. CAMPOS JR e BARBOSA FI. Diagnóstico periodontal: conhecimentos e atitudes de estudantes de Odontologia. *Arquivos em Odontologia*, 2023; 54(1).
4. CORTÉS ME. Biofilme oral e as interações na odontologia. Belo Horizonte: *Clio*, 2023; 111-122.
5. CURTIS MA, et al. The role of the microbiota in periodontal disease, *Periodontol*, 2020; 83(1): 14-25.
6. D BOSSHARDT D. The periodontal pocket: pathogenesis, histopathology and consequences. *Periodontol 2000*, 2017; 76(1): 43-50.
7. DOUGLASS KD, et al. Microscopic Characterization of Root Surface - Associated Microbial Plaque in Localized Juvenil e Periodontitis, *Journal of Periodontology*, 1990; 61(8): 475-484.
8. ETO FS, et al. Características microbianas na saúde e doença periodontal, *Revista Biociências*, 2013; 9(2): 45-51.
9. FERNANDA ZG, et al. Terapia periodontal de suporte - objetivos, procedimentos e intervalos, *Publicatio UEPG: Ciências Biológicas e da Saúde*, 2007; 13: 15-22.
10. GRIFFEN AL, et al. Distinct and complex bacterial profiles in human periodontitis and health revealed by 16S pyrosequencing, *The ISME Journal: Multidisciplinary Journal of Microbial Ecology*, 2011; 6(6): 465-8.
11. HATFIELD CG e BAUMHAMMERS A. Efeitos citotóxicos de superfícies periodontalmente envolvidas de dentes humanos. *Arch Oral Biol*, 1971; 16(4): 465-8.
12. L FOSTER B. Methods for studying tooth root cementum by light microscopy. *International Journal of Oral Science*, 2021; 4(3): 119-28.
13. LEE AHC, et al. Cemental tear: Literature review, proposed classification and recommendations for treatment, *International Endodontic Journal*, 2021; 54(11): 2044-2073.
14. LIMEIRA WMJ, et al. The effectiveness of high-power diode laser as an adjunct to mechanical instrumentation of deep pockets in a patient with generalized, stage III, grade C periodontitis, *Revista Gaúcha de Odontologia*, 2024; 72: 20240006.
15. LIU J, et al. Periodontal Bone-Ligament-Cementum Regeneration via Scaffolds and Stem Cells, *Cells*, 2019; 8(6): 537.
16. MOREIRA MTO. Biologia da regeneração periodontal. Dissertação (Mestrado em Saúde) - Instituto Superior de Ciências da Saúde Egas Moniz, Monte de Caparica, 2017.
17. RUSU D, et al. A qualitative and semi-quantitative SEM study of the morphology of the biofilm on root surfaces of human teeth with endodontic periodontal lesions, *Experimental and Therapeutic Medicine*, 2020; 20(6): 1.
18. VALM AM. The Structure of Dental Plaque Microbial Communities in the Transition from Health to Dental Caries and Periodontal Disease. *J Mol Biol*, 2019; 431(16): 2957-2969.
19. VRAHOPOULOS TP, et al. Placa da borda apical na periodontite grave: um estudo ultra estrutural, *Revista de Periodontologia*, 1995; 66.
20. YAN Y, et al. Clinical evaluation of ultra sonic subgingival debridement versus ultrasonic subgingival scaling combined with manual root planing in the treatment of periodontitis: study protocol for a randomized controlled trial, *Trials*, 2020; 21(1).
21. ZIJNGE V, et al. Oral biofilm architecture on natural teeth, *PLoS ONE*, 2010; 5(2): 9321.