

## RESSALVA

Atendendo solicitação do (a) autor  
(a), o texto completo desta tese será  
disponibilizado a partir de

03/06/2021



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Campus de São José dos Campos  
Instituto de Ciência e Tecnologia

**MARINA GULLO AUGUSTO**

**EFEITO ANTI-EROSIVO DE SOLUÇÕES CONTENDO  
DIFERENTES POLÍMEROS**

2019

**MARINA GULLO AUGUSTO**

**EFEITO ANTI-EROSIVO DE SOLUÇÕES CONTENDO DIFERENTES  
POLÍMEROS**

Tese apresentada ao Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Campus de São José dos Campos, como parte dos requisitos para obtenção do título de DOUTOR, pelo Programa de Pós-Graduação em ODONTOLOGIA RESTAURADORA.

Área: Dentística. Linha de pesquisa: Avaliação clínica e laboratorial de alterações da estrutura dental, de materiais e de técnicas de prevenção e tratamento em Dentística.

Orientadora: Profa. Dra. Alessandra Bühler Borges

Coorientadora: Profa. Dra. Taís Scaramucci

São José dos Campos

2019

Instituto de Ciência e Tecnologia [internet]. Normalização de tese e dissertação [acesso em 2019]. Disponível em <http://www.ict.unesp.br/biblioteca/normalizacao>

Apresentação gráfica e normalização de acordo com as normas estabelecidas pelo Serviço de Normalização de Documentos da Seção Técnica de Referência e Atendimento ao Usuário e Documentação (STRAUD).

Augusto, Marina Gullo

Efeito anti-erosivo de soluções contendo diferentes polímeros / Marina Gullo Augusto. - São José dos Campos : [s.n.], 2019.  
105 f. : il.

Tese (Doutorado em Odontologia Restauradora) - Pós-Graduação em Odontologia Restauradora - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos, 2019.

Orientadora: Alessandra Buhler Borges

Coorientadora: Tais Scaramucci

1. Erosão dental. 2. Esmalte dental. 3. Polímeros. 4. Fluoreto de sódio. 5. Estanho. I. Borges, Alessandra Buhler, orient. II. Scaramucci, Tais, coorient. III. Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos. IV. Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho' - Unesp. V. Universidade Estadual Paulista (Unesp). VI. Título.

## **BANCA EXAMINADORA**

**Profa. Dra. Alessandra Bühler Borges** (Orientadora)

Universidade Estadual Paulista (Unesp)

Instituto de Ciência e Tecnologia

Campus de São José dos Campos

**Profa. Dra. Taciana Marco Ferraz Caneppele**

Universidade Estadual Paulista (Unesp)

Instituto de Ciência e Tecnologia

Campus de São José dos Campos

**Prof. Dr. Tiago Moreira Campos Bastos**

Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA)

Centro Técnico Aeroespacial

São José dos Campos

**Profa. Dra. Marília Afonso Rabelo Buzalaf**

Faculdade de Odontologia de Bauru

Universidade de São Paulo (USP)

Campus de Bauru

**Prof. Dr. Tiago Saads Carvalho**

Faculdade de Medicina Dental

Universidade de Berna

Suíça

São José dos Campos, 3 de dezembro de 2019.

## **DEDICATÓRIA**

*Ao meu pai (in memoriam) por me ensinar desde cedo  
a importância do conhecimento*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a **Deus** por me proteger, dar forças, saúde e coragem nesta jornada. Obrigada por me manter forte na busca pelos caminhos direcionados para o bem.

À **UNESP – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”**, na pessoa da diretora do Instituto de Ciência e Tecnologia de São José dos Campos, Profa. **Rebeca di Nicoló**. Agradeço imensamente pelos dez anos de aprendizado que vivi nesta casa. A UNESP marcou a minha vida e sempre terá um lugar especial no meu coração.

Ao **Programa de Pós-Graduação em Odontologia Restauradora**, na pessoa do coordenador Prof. **Alexandre Luiz Souto Borges**. Nos meus anos na Pós-graduação fui representante discente no Conselho do Programa, na Comissão Permanente de Pesquisa e na Congregação, e assim pude acompanhar todo o trabalho necessário para se manter um programa de excelência. Por isso, agradeço a todos que dedicam seu tempo e conhecimento ao Programa, e desejo muitos e muitos anos de sucesso e conquistas.

À **CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior** pela concessão de bolsa de estudos no país. E pela concessão de bolsa de estudos no exterior, através do Programa de Doutorado-Sanduiche no Exterior (PDSE) – Código de Financiamento 001.

À **FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo** (Processo nº 2016/15755-5) pela concessão de bolsa de estudos no país e pelo apoio financeiro essencial para realização dessa pesquisa.

À minha orientadora Profa. **Alessandra Bühler Borges**. Agradeço infinitamente por todos os ensinamentos e oportunidades que me proporcionou nestes seis anos. Com você aprendi muito mais do que odontologia e ciência, e sempre levarei comigo seu exemplo de pessoa determinada e apaixonada pelo que faz. Desejo que nossos caminhos continuem seguindo juntos no futuro.

À minha coorientadora Profa. **Tais Scaramucci** cuja participação enriqueceu este e outros trabalhos. Obrigada pela parceria e boa vontade em todos os momentos.

To Prof **Nadine Schlueter**. *Thank you for the opportunity to learn with you. The period in Germany provided me a great professional and personal growth, and that was only possible due to your support, trust and encouragement. Moreover, I thank **Julia Lang, Benedikt Luka, Benjamim Hofmann, Sybille Rau, Andrea and Anya** for making my journey easier.*

Aos **professores do Departamento de Odontologia Restauradora do ICT-UNESP** com quem tive o prazer de conviver e aprender muito durante a minha pós-graduação. Em especial ao Prof. **Carlos Torres**, Profa. **Taciana Caneppele**, Prof. **Eduardo Bresciani**, Prof. **César Pucci**, Prof. **Sérgio Gonçalves** e Profa. **Filomena Huhtala** que foram fundamentais para a realização deste e de outros trabalhos, assim como foram responsáveis por grande parte do meu crescimento profissional. Obrigada pelos conselhos, correções e pela confiança em mim depositada.

Ao Prof. **Clóvis Pagani** por acreditar no meu potencial e pelos atendimentos inesquecíveis que realizamos juntos. Obrigada pelos ensinamentos, pelas oportunidades e pelos momentos divertidos que passamos juntos.

À Profa. **Idalina Vieira Aoki** por me abrir as portas do mundo da química da Poli-USP. Obrigada por esta oportunidade e por todo o suporte que ofereceu para a realização deste trabalho.

Aos Professores da banca, Profa. **Marília Buzalaf**, Prof. **Thiago Carvalho**, Prof. **Tiago Campos** e Profa. **Taciana Caneppele**. Fiquei muito honrada por aceitarem meu convite e disponibilizarem seu precioso tempo para correção deste trabalho. Considero vocês uma fonte de inspiração.

Ao Sr. **Carlos Alberto Guedes** por sempre receber as pessoas com um sorriso e não medir esforços para ajudar a todos que o procuram.

Às funcionárias do Departamento de Odontologia Restauradora, **Fernanda**, **Josiana e Liliane**, pelo suporte, amizade e disposição para ajudar.

Aos funcionários da Seção Técnica de Pós-graduação, **Bruno**, **Sandra e Carolina**, por serem sempre tão solícitos e gentis.

Ao meu namorado, melhor amigo e maior incentivador **Guilherme Schmitt de Andrade**. Faltam palavras para agradecer o que você significa na minha trajetória. Obrigada pelos incontáveis momentos de alegria que vivemos juntos e pelo suporte nos momentos difíceis. Se um dia eu sonhei com a felicidade, hoje a encontrei. Estendo os agradecimentos aos seus pais, **Vera e Marco**, pelo carinho que me dedicam e pelo incentivo sempre.

À minha mãe **Francisca Helena Gullo da Silva Augusto** que através da sua determinação e garra me ensinou a lutar pelos meus objetivos. Obrigada por todo o apoio nesta jornada. Meus dias são mais felizes na sua companhia e da Luli.

Ao meu pai **Álvaro Augusto Neto** (*in memoriam*) por ter sido a primeira pessoa que acreditou no meu futuro na área acadêmica. Te dedico esta conquista e todas as outras que virão. O destino acabou por nos separar precocemente, mas os seus ensinamentos estarão sempre vivos em mim. Saudades eternas!

À minha irmã **Stella Gullo Augusto** que mesmo morando do outro lado do mundo está sempre presente em minha vida. Obrigada por ser meu maior exemplo de coragem e positividade.

À minha amiga **Ingrid Fernandes Mathias Santamaria** que nunca mediu esforços para me apoiar e incentivar nos momentos alegres e nos difíceis com a mesma intensidade. Considero você uma irmã. Estendo os agradecimentos ao Prof. **Mauro Pedrini Santamaria** do qual tenho o privilégio de ser amiga e aluna. Obrigada pela parceria.

Aos meus irmãos árabes **Amjad e Aboud** que são um exemplo de lealdade e superação. Obrigada por fazerem com que eu me sentisse parte da família de vocês.

Às amigas **Cassia, Debora, Laura e Tania** pelos momentos juntas. A nossa amizade é um presente que ganhei da pós-graduação. Desejo que continuemos assim por muitos e muitos anos.

Aos amigos **Júlio, Ana Beatriz, Nathália, João Victor e Kiko** por tornarem os meus dias mais alegres e descontraídos. Obrigada pela parceria!

Aos meus alunos de iniciação científica **Luís Felipe, Giovanna e Beatriz**, através dos quais tive oportunidade de estar do outro lado da moeda. Na busca por ensiná-los, acabei aprendendo algo diferente com cada um. Obrigada!

Aos **voluntários que gentilmente doaram a saliva** utilizada neste estudo. Este trabalho não seria possível sem a colaboração de vocês.

À **Alexandra Elbakyan** pela sua coragem ímpar e iniciativa para permitir a popularização do conhecimento.

A **todos** que de alguma forma contribuíram para este trabalho.

*“Os analfabetos do século XXI não serão aqueles que não conseguem ler e escrever, mas aqueles que não conseguem aprender, desaprender e reaprender”*

*Alvin Toffler*

## SUMÁRIO

RESUMO .....	11
ABSTRACT.....	12
1 INTRODUÇÃO .....	13
2 ARTIGOS.....	16
2.1 Artigo – Augusto MG, Scaramucci T, Campos TMB, Schlueter N, Borges AB. Polímeros formadores de filme para prevenção da erosão dental: uma visão geral / <i>Film-forming polymers for dental erosion prevention: an overview</i> .....	16
2.2 Artigo – Augusto MG, Santos TA, Torres CRG, Scaramucci T, Aoki IV, Hara AT, Borges AB. Efeito anti-erosivo de soluções à base de polímeros associadas à fluoretos e estanho / <i>Anti-erosive effect of polymer-based solutions associated to fluoride and stannous</i> .....	40
2.3 Artigo – Augusto MG, Scaramucci T, Aoki IV, Torres CRG, Borges AB. Melhoria das propriedades anti-erosivas do flúor e do estanho através de um copolímero do polimetacrilato. <i>Enhancement of fluoride and stannous anti-erosive properties by a polymethacrylate copolymer</i> .....	57
3 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	788
REFERÊNCIAS .....	800
APÊNDICES .....	84
ANEXOS .....	104

Augusto MG. Efeito anti-erosivo de soluções contendo diferentes polímeros [tese]. São José dos Campos (SP): Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia; 2019.

## RESUMO

O desgaste erosivo tem sido reconhecido como uma condição frequente nos últimos anos, principalmente devido a mudanças nos hábitos alimentares e comportamentais das populações em geral. Considerando a natureza irreversível desta condição, o diagnóstico precoce e a adoção de medidas preventivas são muito importantes. Dentre elas, a adição de polímeros a produtos de higiene bucal associados ou não a fluoretos apresenta-se como uma alternativa promissora, já que alguns polímeros apresentam compatibilidade com as estruturas dentais e capacidade de formação de um filme protetor. Este estudo foi subdividido em três artigos que visaram, através de diferentes abordagens, investigar o efeito anti-erosivo de polímeros formadores de filme, bem como o efeito da associação destes com fluoretos. O **primeiro artigo** consistiu em uma revisão da literatura sobre aspectos relacionados ao potencial de utilização dos polímeros para a prevenção da erosão dental. O **segundo artigo** consistiu em um estudo de varredura para verificar a capacidade de redução da dissolução da hidroxiapatita promovida por soluções contendo quatro polímeros (polioxirano, hidroxipropilmetilcelulose, pectina e um copolímero do polimetacrilato) associadas ou não com fluoreto de sódio -F (225 ppm F<sup>-</sup>) e fluoreto de sódio + cloreto de estanho (800 ppm Sn<sup>2+</sup>) - FS. A mensuração do potencial zeta da hidroxiapatita dispersa tratada com as soluções experimentais foi realizada a fim de complementar a análise. O **terceiro artigo** consistiu em um estudo de ciclagem erosiva/reendurecedora na presença de película adquirida que se propôs a investigar o potencial de remineralização, potencial de proteção, a perda superficial e a tensão superficial do esmalte após o tratamento com as soluções contendo o copolímero do polimetacrilato. Concluiu-se que a utilização de polímeros formadores de filme, associados ou não a fluoretos, constitui uma abordagem promissora para prevenção da erosão dental. Dentre os polímeros investigados, o copolímero do polimetacrilato é um promissor agente para ser adicionado à produtos de higiene bucal visando a prevenção dos desgastes erosivos.

Palavras-chave: Erosão dental. Esmalte dental. Polímeros. Fluoreto de sódio. Estanho.

Augusto MG. *Anti-erosive effect of solutions containing different polymers [doctorate thesis]. São José dos Campos (SP): São Paulo State University (Unesp), Institute of Science and Technology; 2019.*

## **ABSTRACT**

*Erosive wear has been recognized as a frequent condition in recent years, mainly due to changes in the dietary and behavioral habits of the general population. Considering the irreversible nature of this condition, early diagnosis and the adoption of preventive measures are very important. Among them, the addition of polymers to oral care products associated or not with fluorides is a promising alternative, as some polymers have compatibility with dental structures and ability to form a protective film. This study was subdivided into three articles that aimed, through different approaches, to investigate the anti-erosive effect of film-forming polymers, as well as the effect of their association with fluorides. The **first article** consisted of a literature review about aspects related to the potential use of polymers to prevent dental erosion. The **second article** consisted of a scanning study to verify the ability to decrease the hydroxyapatite dissolution promoted by solutions containing four polymers (polyoxyrane, hydroxypropyl methylcellulose, pectin and a polymethacrylate copolymer) associated or not with sodium fluoride -F (225 ppm F<sup>-</sup>) and sodium fluoride + tin chloride (800 ppm Sn<sup>2+</sup>) -FS. Measurement of the zeta potential of dispersed hydroxyapatite treated with experimental solutions was performed to complement the analysis. The **third article** consisted of an erosive/rehardening cycling study in the presence of acquired pellicle that aimed to investigate remineralization potential, protection potential, surface loss and surface tension of the enamel after treatment with solutions containing the polymethacrylate. It was concluded that the use of film-forming polymers, associated or not with fluorides, is a promising approach for the prevention of dental erosion. Among the polymers investigated, the polymethacrylate copolymer is a promising agent to be added to oral hygiene products to prevent erosive wear.*

*Keywords: Tooth erosion. Tooth enamel. Polymers. Sodium fluoride. Stannous.*

## 1 INTRODUÇÃO

O surgimento de novos conceitos em Odontologia com ênfase nas propriedades preventivas dos fluoretos possibilitou um declínio substancial da prevalência da doença cárie, proporcionando um aumento na longevidade e integridade dos dentes (Marthaler, 2004). No entanto, o maior tempo de permanência dos dentes na cavidade bucal associado ao consumo crescente de bebidas e alimentos ácidos proporcionou um aumento na prevalência de desgaste erosivo nas últimas décadas, especialmente na população jovem (Jaeggi, Lussi, 2014).

O desgaste erosivo é o processo químico-mecânico que resulta em perda cumulativa de tecido dental não causado por bactérias (Schlueter et al., 2019). O início da condição erosiva no esmalte ocorre por meio de um processo chamado amolecimento (softening), que envolve a perda parcial do conteúdo mineral superficial do esmalte, levando ao aumento da rugosidade e a diminuição da dureza (Lussi et al., 2011). Em estágios mais avançados, o esmalte é completamente perdido levando à exposição da dentina subjacente e formando um defeito visível clinicamente (Ganss, Lussi, 2014). Em caso de continuidade dos episódios ácidos, pode-se perder estrutura dental a ponto de gerar dor, comprometimento pulpar, perda de função e estética (Peutzfeldt et al., 2014). Considerando a natureza irreversível desta condição, o diagnóstico precoce e a adoção de medidas preventivas e terapêuticas são muito importantes.

Para prevenir a erosão dental, diversas estratégias têm sido adotadas, incluindo a utilização de agentes remineralizantes à base de cálcio (De Alencar et al., 2014), irradiação com laser (Vlacic et al., 2007), aplicação de adesivos e/ou selantes de fissuras (Wegehaupt et al., 2013), uso de agentes inibidores de proteases (Buzalaf et al., 2012) e aplicação regular de produtos

contendo fluoretos (Magalhaes et al., 2011).

Polímeros bioadesivos têm sido utilizados na indústria farmacêutica para aumentar o tempo de permanência de medicamentos no organismo. Do mesmo modo, a adição de polímeros em produtos de uso oral visa aumentar a substantividade dos ativos presentes na formulação (Zaman et al., 2010). Há evidências de que os polímeros interagem positivamente com compostos fluoretados, aumentando assim seu efeito protetor (Avila et al., 2017; Bezerra et al., 2019; White et al., 2011). Além disso, os polímeros bioadesivos, por si só, podem exibir algum efeito protetor contra dissolução ácida, provavelmente devido à sua interação com a superfície da hidroxiapatita, formando um filme capaz de reduzir a troca iônica entre a solução ácida e o substrato dental (Beyer et al., 2012).

Alguns polímeros têm sido testados como ingredientes ativos em enxaguantes bucais (Lei et al., 2014), dentifrícios (Carvalho, Lussi, 2014) e também como aditivos em bebidas ácidas (Scaramucci et al., 2011). Resultados promissores foram observados especialmente para caseína do leite (White et al., 2011), quitosana (Schlueter et al., 2014), polifosfato de sódio de cadeia linear (Hooper et al., 2007) e para a combinação entre carboximetilcelulose, goma xantana e copovidona (Gracia et al., 2010).

Diante desses resultados, podemos considerar que polímeros formadores de filme constituem uma opção interessante para serem utilizados em produtos de higiene bucal específicos para pacientes com alto risco ao desgaste erosivo. Sendo assim, é necessário que sejam desenvolvidos mais estudos testando a grande variedade desses agentes disponíveis no mercado, principalmente, os possíveis efeitos da combinação destes com fluoretos. Dentre as opções de polímeros a serem testados em enxaguantes bucais, podemos citar o polimetacrilato (Nielsen et al., 2011), polioxirano (Baig et al., 2004), hidroxipropilmetilcelulose (Baig et al., 2004), e a pectina (Beyer et al., 2012).

Há que se considerar ainda a interação dos polímeros com a película adquirida. Este filme orgânico é composto basicamente por proteínas salivares adsorvidas que revestem as estruturas da cavidade oral (Hara et al., 2006). A película atua como uma membrana seletiva que reduz a difusão de ácidos e conseqüentemente diminui a taxa de dissolução da hidroxiapatita, (Buzalaf et al., 2012; Hannig, Hannig, 2014). Há evidências de que componentes da dieta como a caseína, polifenóis e lipídios têm a habilidade de serem adsorvidos e incorporados pela película e conseqüentemente de melhorar seu potencial de inibição da erosão dental (Cheaib, Lussi, 2011; Hemingway et al., 2008; Kensche et al., 2013). A melhoria das propriedades protetoras da película adquirida através da modificação de sua composição pela interação com polímeros poderá trazer resultados promissores para a prevenção do desgaste erosivo.

Diante da necessidade de se proteger as estruturas dentais frente a desafios erosivos, se faz necessário investigar a capacidade de interação entre soluções à base de polímeros com a película adquirida visando determinar o potencial de tais soluções como agentes anti-erosivos, bem como o efeito da associação com o fluoreto de sódio associado ou não ao cloreto de estanho.