

## RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 08/03/2020.



**UNESP - Universidade Estadual Paulista**  
**“Júlio de Mesquita Filho”**  
**Faculdade de Odontologia de Araraquara**



**Rafael Amorim Martins**

**Propriedades físicas e mecânicas de um cimento de ionômero de vidro  
modificado por nanopartículas de hidroxiapatita ou por vidros bioativos.  
Tempo de armazenamento e escovação**

**Araraquara  
2018**



**UNESP - Universidade Estadual Paulista**  
**“Júlio de Mesquita Filho”**  
**Faculdade de Odontologia de Araraquara**



**Rafael Amorim Martins**

**Propriedades físicas e mecânicas de um cimento de ionômero de vidro  
modificado por nanopartículas de hidroxiapatita ou por vidros bioativos.**

**Tempo de armazenamento e escovação**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Odontologia de Araraquara da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), para obtenção do título de Mestre em Ciências Odontológicas, na Área de Odontopediatria.

**Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Angela Cristina  
Cilense Zuanon**

**Araraquara  
2018**

Martins, Rafael Amorim

Propriedades físicas e mecânicas de um cimento de ionômero de vidro modificado por nanopartículas de hidroxiapatita ou por vidros bioativos: tempo de armazenamento e escovação / Rafael Amorim Martins. – Araraquara: [s.n.], 2018

61 f. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado em Ciências Odontológicas) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Odontologia

Orientadora: Profa. Dra. Angela Cristina Cilense Zuanon

1. Cimentos de ionômeros de vidro 2. Nanopartículas  
3. Propriedades físicas 4. Testes de dureza I. Título

**Propriedades físicas e mecânicas de um cimento de ionômero de vidro  
modificado por nanopartículas de hidroxiapatita ou por vidros bioativos.  
Tempo de armazenamento e escovação**

**Comissão julgadora**

**Dissertação para obtenção do título de Mestre em Ciências Odontológicas, na  
Área de Odontopediatria**

Presidente e orientador Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Angela Cristina Cilense Zuanon

2º Examinador Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Alessandra Nara de Souza Rastelli

3º Examinador Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cristina Magnani Felício

Araraquara, 08 de março de 2018.

## **DADOS CURRICULARES**

**Rafael Amorim Martins**

NASCIMENTO: 21/03/1992 – Araraquara - SP

FILIAÇÃO: Marcos Cristiano Martins

Teresinha Oliveira Amorim Martins

2011/2015 Graduação Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP

2012/2015 Bolsista Grupo PET Odonto – UNESP Araraquara

2013/2014 Iniciação Científica Sem Bolsa – Área Odontopediatria / Trabalho: Propriedades físicas e mecânica de um CIV modificado por diacetato de clorexidina ou nanopartículas de óxido de zinco.

2014/2015 Iniciação Científica Sem Bolsa – Área Odontopediatria / Trabalho: Distribuição de nanopartículas de óxido de zinco em um cimento de ionômero de vidro.

2015/2015 Monitoria sem bolsa na disciplina de Odontopediatria.

2016/2018 Curso de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas, Área de Concentração Odontopediatria, nível Mestrado, na Faculdade de Odontologia de Araraquara – FOAr – UNESP.

# DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha família, **Mãe, Pai e meu Irmão**, que ao longo desses anos se tornaram uma base ainda mais sólida do que já éramos. Todo mundo passa por dificuldades, enfrenta grandes obstáculos, e frente a eles pensamos que não podemos, que não temos forças suficientes, mas o amor e o suporte da minha família me mostraram que unidos podemos mover e ser maiores que todas as montanhas do caminho!

A minha **vó Eunice** que foi o maior exemplo de ser humano e mulher que já conheci. Palavras não descrevem o tamanho da minha admiração e orgulho de quem essa senhora foi. Nossa convivência foi interrompida quando comecei a caminhar em direção ao sonho da Odontologia, mas não teve um só dia que ela não foi *meu pensamento e minha força!* Bastava lembrar de tudo que sempre me disse e da confiança que possuía em mim. O que estou me tornando hoje devo a essa mulher, *“Dona Nice”!*

*“A morte é apenas uma travessia do mundo, tal como os amigos, que atravessam o mar, e permanecem vivos uns nos outros. Porque sentem necessidades de estar presentes, para amar e viver o que é onipresente...”*

*(William Penn)*

Dedico este trabalho também aquele menino que um dia eu fui, pequeno, mas com grandes sonhos, cheio de medos, mas com muita coragem para encará-los, com dúvidas, mas também com as certezas de que um dia tudo seria melhor. Hoje ele teria muito orgulho do “cara” que se tornou!

Querida **Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Angela Cristina Cilense Zuanon** ou somente “Cris”, este trabalho é fruto do que você gerou em mim, do amor, do cuidado, da sua dedicação e esforço em me ensinar e estar ao meu lado em todos os momentos dessa caminhada, por isso e muito mais também dedico este trabalho a você! São incontáveis as histórias dessa nossa convivência junta, mais de seis anos compartilhando o dia a dia com você... Ah! Parece que todo tempo é pouco quando aprendemos e estamos com alguém tão especial. Me tornar seu aluno, ter você como tutora do programa PET, como orientadora de iniciação científica, orientadora na clínica de Odontopediatria, e finalmente orientadora da pós-graduação é sem dúvida o grande presente dessa caminhada na Odontologia! E saber separar o relacionamento pessoal do profissional foi um fator imenso na grandiosidade dessa nossa jornada, também por isso devo muito a você, que me moldou, quando era necessário puxou a orelha, e me fez um aspirante a professor e pesquisador, mostrando sempre a importância de cada coisa e seu momento, e colocando em mim muita vontade de crescer e ser melhor! Todos os obrigados serão poucos a você, sempre, que se tornou além de tudo uma amiga preciosa, um porto-seguro em momentos de desespero, e um abraço amigo nos momentos de angústia. Espero poder caminhar sempre ao seu lado, continuar me inspirando e aprendendo com a profissional que você é, mas principalmente com o ser humano, e que essa nossa parceria continue rendendo bons frutos, bons trabalhos, aprendizados, e um tanto de risadas gostosas! Obrigado, obrigado, obrigado e obrigado eternamente!

*“Para conseguir a amizade de uma pessoa digna é preciso desenvolvermos em nós mesmos as qualidades que naquela admiramos.”*  
(Sócrates)

## AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

Meu primeiro agradecimento será sempre a **DEUS**, minha maior força, meu amparo diário, e o meu porto seguro! Aquele para quem entrego minha vida, meu caminho e meus sonhos. A quem recorro quando tudo parece não fazer sentido, ou quando os medos são maiores que qualquer coisa. Aquele que me deu força e coragem para ser quem eu sou e buscar tudo o que quero!

*“Descobri a alegria de te ter, de correr pelos campos com você... És meu amigo, estás tão perto!”*

*(Flávio Vitor de Maria)*

À **minha família** que tanto me inspira, ajuda, e me dá o suporte necessário para continuar na caminhada diária rumo a realização de grandes sonhos e vontades. Vocês são a razão de tudo! Obrigado Mãe, Pai e Pedro!

Aos **meus tios e primos**, obrigado por sempre acreditarem em mim e me encorajarem demonstrando sempre tanto carinho e amor. Nessa caminhada vocês foram essenciais para que eu buscasse tudo que sempre quis! Obrigado por estarem ao meu lado sempre!

À amiga **Juliana Sardella** que foi o grande presente da vida acadêmica. Uma dupla, uma amiga, e uma parceira, sempre disposta a me ajudar, a me ouvir (quantos e quantos horas de áudios foram trocados, rs). Um exemplo de pessoa e profissional que eu tive o prazer de encontrar e trazer para minha vida. Obrigado pela amizade e parceria desses dois anos, que tenho certeza que será para uma vida toda. Obrigado por tudo que me ensinou e o tanto que fez dessa caminhada leve e feliz!

À **Carol Mendes** por toda a ajuda e incontáveis horas de laboratório, muitas vezes horas de desespero, mas sempre com muitas risadas e uma companhia

excelente! Obrigado por toda a ajuda para dar vida a esse trabalho, aqui existe muito de você! E obrigado pela amizade que construímos, pelas viagens, e muitas histórias.

À **Luana Marti**, que indiretamente neste trabalho, mas diretamente na minha vida trouxe sempre uma grande contribuição. Obrigado pela amizade, pela parceria, e por toda co-orientação! Meu socorro sempre que alguma coisa parece que não vai dar certo, e com toda a calma do mundo consegue me tranquilizar. Te levo sempre no coração e com a certeza de ter em você sempre alguém para contar.

Aos colegas e amigos do Departamento de Clínica Infantil: **Pati, Nati, Ju, Carolzinha, Vini, Lana, Thamy, Paula, Isadora, Camila, Aline, Luis Felipe, Manuel, Diego, Marco Túlio, Yasmin**, e a todos os que não citei, mas de alguma maneira se fizeram presente nesses dias. Muito obrigado por toda a ajuda, risadas, os cafezinhos na copa, as viagens para congresso e serem uma alegria em meio a tanto trabalho!

Ao **Miguel**, presente trazido a minha vida pela amiga Joaquina, e que trouxe alegrias e sorrisos para o meu dia a dia e da minha família. O tio morre de orgulho e meu coração se enche diariamente com seu companheirismo e seu jeito de ver a vida. Hoje você não se dá conta do tamanho do meu amor, mas um dia tenho certeza que entenderá e eu contarei todas as nossas aventuras, inclusive deste momento, que escrevendo esses agradecimentos você está sentado do meu lado na cama, dizendo a cada 5 minutos “te amo tio Rafa” e também pedindo para escrever seu nome no computador. Ele está aqui, e estará para sempre no meu coração!

*“We keep this love in a photograph  
We made these memories for ourselves”*

*(Ed Sheeran)*

À **Camila Fragelli** por dedicar parte do seu tempo a estatística desse trabalho, colaborando com muito conhecimento e informações preciosas. Obrigado pela

disponibilidade, pela pronta ajuda, e por tudo que compartilhou e ensinou comigo nesse tempo que nos aproximamos!

À professora **Alessandra Rastelli** por toda a ajuda e colaboração com as sempre pertinentes correções, comentários e ajuda. E também pela ajuda com o fornecimento de parte dos materiais para a realização dessa pesquisa.

À aluna **Julia Masieiro** por confiar a mim sua co-orientação para o TCC, passar de amiga a aluna de iniciação científica e contribuir muito para a realização desse trabalho, com sua imensa disponibilidade (mesmo que com alguns atrasos, rs) e sua alegria compartilhada! Muito orgulho de você!

E aos **amigos queridos**, muitos amigos da vida, amigos que são família, amigos que chegaram um pouco depois, amigos da graduação, enfim, impossível de citar nomes. Eles estiveram comigo durante toda essa caminhada, e que mesmo sem conhecer a vida de um pós-graduando entenderam que a ausência era por um motivo maior, e permaneceram mesmo assim ao meu lado, dando forças, me incentivando e fazendo com que qualquer dificuldade parecesse pequena.

*“Cada um que passa em nossa vida, passa sozinho, pois cada pessoa é única e nenhuma substitui outra. Cada um que passa em nossa vida, passa sozinho, mas não vai só nem nos deixa sós. Leva um pouco de nós mesmos, deixa um pouco de si mesmo. Há os que levam muito, mas há os que não levam nada. Essa é a maior responsabilidade de nossa vida, e a prova de que duas almas não se encontram ao acaso.”*

*(Antoine de Saint-Exupéry)*

# AGRADECIMENTOS

A Universidade Estadual Paulista – “Júlio de Mesquita Filho”, em nome do magnífico Reitor Prof. Dr. Sandro Roberto Valentini e Vice-Reitor Prof. Dr. Sergio Roberto Nobre.

A Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP, representada pela digníssima Diretora Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elaine Maria Sgavioli Massucato e pelo Vice-Diretor Prof. Dr. Edson Alves de Campos.

Ao Departamento de Clínica Infantil da Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP representado pelo Chefe de Departamento Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Lídia Parsekian Martins e Vice-Chefe Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elisa Maria Aparecida Giro.

Aos Professores da disciplina de Odontopediatria da Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP, Ângela Cristina Cilense Zuanon, Cyneu Aguiar Pansani, Fábio Cesar Braga de Abreu e Lima, Elisa Maria Aparecida Giro, Fernanda Lourenção Brighenti, Josimeri Hebling, Lourdes Aparecida Martins dos Santos-Pinto, Rita de Cássia Loyola Cordeiro e Fabiano Jeremias por todo o conhecimento passado adiante, por serem exemplos de profissionais e pessoas, e por toda a contribuição na minha formação e amor pela Odontopediatria.

A Coordenação de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas da Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP, representada pelos Professores Dra. Fernanda Lourenção Brighenti - Coordenadora e Profa. Alessandra Nara de Souza Rastelli - Vice-Coordenadora.

Aos funcionários da Secretaria de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas da Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP, José Alexandre Garcia e Cristiano Afonso Lamounier, por estarem sempre prontos para tirar todas as dúvidas e ajudar nos momentos de desespero. Obrigado por tudo!

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsa de estudos durante a realização deste mestrado.

Aos Laboratórios de Pesquisa da Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP: Laboratório de pesquisa em Bioquímica e Microbiológica, representado pelo Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Fernanda Lourenção Brighenti, Laboratório de Pesquisa Odontopediatria, representado pela Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Josimeri Hebling, e ao Laboratório de Biomateriais, Imagens e Tecnologias Fotônicas, representado pelo Prof. Dr. Osmir Batista de Oliveira Junior, e todos os colegas integrantes, pela disponibilidade de equipamentos e estrutura, e por permitirem ampliar o conhecimento sempre com muita generosidade.

Ao Instituto de Química desta Universidade, por me permitir utilizar o Laboratório de Ressonância Magnética Nuclear, representado pelo Prof. Dr. Sidney José Lima Ribeiro, e principalmente a técnica Silvia Santagneli por me ajudar na realização das imagens do perfil dos materiais, me ensinar com calma e muita paciência.

Aos funcionários do Departamento de Clínica Infantil da Faculdade Odontologia de Araraquara – UNESP, Flávia, Dulce, Soninha, Pedro, Diego, Totó, Marcia e Cris por toda ajuda e atenção.

Ao Departamento de Engenharia de Materiais, da Universidade Federal de São Carlos – UFSCAr, e ao Laboratório de Materiais Vítreos - LAMAV, representado pelo Prof. Dr. Edgar Dutra Zanotto e a pós-doutoranda Dra. Marina Trevelin pelo fornecimento dos vidros bioativos usados nessa pesquisa.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Martins RA. Propriedades físicas e mecânicas de um cimento de ionômero de vidro modificado por nanopartículas de hidroxiapatita ou por vidros bioativos. Tempo de armazenamento e escovação. [Dissertação de Mestrado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2018.

## RESUMO

O cimento de ionômero de vidro (CIV) apresenta características favoráveis como ação antimicrobiana e capacidade de remineralização. A fim de potencializar essas propriedades, sua associação com outros materiais como as nanopartículas (NP) e os vidros bioativos (VB) é estudada e muita atenção deve ser voltada às possíveis alterações que podem ocorrer em suas propriedades físicas, mecânicas e químicas. O objetivo deste estudo foi avaliar propriedades físicas e mecânicas do CIV associado a NP de hidroxiapatita (HPa) a 5% e ao VB 45S5 a 10%, antes e após teste de escovação, em diferentes tempos de armazenamento. Foram avaliadas rugosidade superficial com auxílio de rugosímetro, dureza Vickers por meio de microdurômetro, e variação de massa do material medida por pesagens em balança analítica, além da análise qualitativa de sua superfície, por meio de perfilômetro, nos tempos de 1, 7, 15, 30 e 60 dias, antes e após o teste de escovação. Os dados obtidos foram analisados estatisticamente quanto à normalidade e a homogeneidade. A distribuição foi não normal e os testes não-paramétricos de Wilcoxon, e de Kruskal Wallis seguido pelo de Dunn foram realizados, todos com um nível de significância de 5%. Pode-se observar maiores valores para a perda de massa no primeiro dia de experimento para todos os grupos. A rugosidade superficial foi menor nos grupos Controle e NP aos 30 dias de experimento após o ensaio de escovação. A análise qualitativa por meio do perfil dos materiais confirma a esses achados. Valores maiores para a dureza superficial foram encontradas no grupo Controle e menores para NP, após a escovação. Os grupos Controle e VB ao longo do tempo apresentaram diminuição dessa propriedade. Quando se comparou os valores entre os grupos, o NP apresentou os maiores valores antes de escovação, enquanto o Controle apresentou os maiores valores após a escovação. Conclui-se que a associação do CIV a NP e ao VB geraram alterações importantes nas propriedades físicas e mecânicas estudadas, sendo o CIV não associado às NP ou VB, ainda a melhor opção para uso clínico.

**Palavras-chave:** Cimentos de ionômeros de vidro. Nanopartículas. Propriedades físicas. Testes de dureza.

Martins RA. Physical and mechanical properties of a glass ionomer cement modified by hydroxyapatite nanoparticles or by bioactive glasses. Storage and brushing time. [Dissertação de Mestrado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2018.

## **ABSTRACT**

The glass ionomer cement (GIC) has favorable characteristics such as antimicrobial action and remineralization capacity. In order to potentiate these properties, its association with other materials such as nanoparticles (NP) and bioactive glasses (BAG) is studied, and a great deal of attention must be given to the possible changes that may occur in the physical, mechanical and chemical properties. The objective of this study was to evaluate the physical and mechanical properties of GIC associated with 5% of hydroxyapatite NP (NHPa) and of 10% BAG 45S5 before and after brushing test at different storage times. The surface roughness was evaluated using a rugosimeter, Vickers hardness by microdurometer, and mass variation of the material measured by analytical weighing, as well as the qualitative analysis of its surface by means of a profilometer at the times of 1, 7, 15, 30 and 60 days, before and after the brushing test. The data obtained were statistically analyzed for normality and homogeneity. The distribution was non-normal and the non-parametric Wilcoxon and Kruskal Wallis followed by Dunn's tests were performed, all with a significance level of 5%. It is possible to observe higher values for the loss of mass in the first day of experiment for all the groups. The surface roughness was lower in the control and NP groups at 30 days of experiment after the brushing test. The qualitative analysis through the profile of the materials confirms these findings. Larger values for superficial hardness were found in the control group and smaller for NP, after brushing. The control and BAG groups over time showed a decrease in this property. When the values between the groups were compared, NP presented the highest values before toothbrushing, while the control had the highest values after brushing. It was concluded that the association of GIC to NP and BAG generated important alterations in the physical and mechanical properties studied, being the GIC not associated with NP or BAG, still the best option for clinical use.

**Keywords:** Glass ionomer cement. Nanoparticles. Physical properties. Hardness tests.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2 PROPOSIÇÃO</b> .....	17
<b>2.1 Proposição Geral</b> .....	17
<b>2.2 Proposição Específica</b> .....	17
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	18
<b>4 MATERIAL E MÉTODO</b> .....	32
<b>4.1 Delineamento Amostral</b> .....	32
<b>4.2 Confeção de Corpos de Prova</b> .....	32
<b>4.3 Variação de Massa</b> .....	34
<b>4.4 Rugosidade Superficial</b> .....	34
<b>4.5 Dureza Vickers</b> .....	34
<b>4.6 Ensaio de Escovação</b> .....	34
<b>4.7 Análise do Perfil dos Materiais</b> .....	36
<b>4.8 Análise Estatística</b> .....	36
<b>5 RESULTADOS</b> .....	37
<b>5.1 Variação de Massa</b> .....	37
<b>5.2 Rugosidade Superficial</b> .....	38
<b>5.3 Dureza Vickers</b> .....	40
<b>5.4 Perfil dos Materiais</b> .....	43
<b>6 DISCUSSÃO</b> .....	48
<b>7 CONCLUSÃO</b> .....	53
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	54

## 1 INTRODUÇÃO

O cimento de ionômero de vidro (CIV) apresenta muitas vantagens, como a grande versatilidade e efetividade clínica<sup>5</sup>. Foi introduzido inicialmente por Wilson e Kent<sup>56</sup> em 1971, e possui mecanismo de troca iônica com as estruturas dentais, a qual permite adesão química tanto ao esmalte quanto à dentina<sup>31</sup>. Além disso possui boas características como a biocompatibilidade, capacidade de liberação e reincorporação de flúor do meio bucal e coeficiente de expansão térmica linear semelhante ao da dentina<sup>30,41,52</sup>.

As propriedades do CIV, o torna muito favorável para utilização na clínica de Odontopediatria, uma vez que a liberação de flúor é importante no meio bucal de crianças com alto risco ao desenvolvimento da lesão de cárie<sup>55</sup>. É capaz de induzir à remineralização da dentina e do esmalte<sup>28</sup>, além de ser considerado o material de eleição para a realização do tratamento restaurador atraumático, pois apresenta comprovada ação sobre o controle da lesão de cárie<sup>7,19</sup>.

Takahashi et al.<sup>50</sup>, Jedrychowski et al.<sup>24</sup> e Palmer et al.<sup>38</sup> associaram o CIV à clorexidina, a fim de potencializar a propriedade antibacteriana do material. Estes pesquisadores encontraram bons resultados, porém sem considerar possíveis mudanças nas propriedades físicas e mecânicas do material, em função da modificação de sua composição original. Estudo recente de Yan et al.<sup>59</sup> (2017) indicou que 1% de clorexidina modificada com sílica mesoporosa associada ao CIV resulta em melhora na atividade antibacteriana do material, sem afetar suas propriedades mecânicas como resistência a compressão, dureza superficial, módulo de elasticidade, solubilidade e absorção de água.

As nanopartículas (NP) também foram associadas aos materiais restauradores, como as resinas compostas, em busca de melhorias em suas propriedades mecânicas<sup>49,57</sup>, físicas e antibacterianas<sup>13,34,43</sup>. Possuem tamanho extremamente reduzido que resulta em grande área superficial e maior contato com o meio em que se encontram. Em função da forte ligação que mantém com as membranas celulares bacterianas, as NP aumentam sua permeabilidade, assim como a saída do fluxo do conteúdo citoplasmático da célula. Desta forma, sua penetração no microrganismo é facilitada, levando a destruição dos lipídios e proteínas celulares do mesmo<sup>6,8,16,22,40</sup>.

A NP de hidroxiapatita (NPHAp), também estudada em associação com materiais odontológicos<sup>2</sup>, quando adicionada ao CIV demonstrou aumento da resistência à flexão e na liberação de íons fluoretos, atuando não apenas como um reforço do material, mas também como um componente adsorvente e um agente que proporciona troca de íons, resultando em melhores propriedades químicas e mecânicas do CIV. Moshaverinia et al.<sup>34</sup> também demonstraram que a incorporação de NPHAp ao CIV proporcionou melhoras em suas propriedades mecânicas como a resistência à compressão e à tração diametral. A hidroxiapatita [HAp:  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{OH}_2$ ] apresenta biocompatibilidade, composição e estrutura de cristais semelhantes a apatita, a qual está presente nas estruturas dentais em humanos e em tecidos ósseos.

Pesquisadores<sup>60,62</sup> têm estudado também a adição de vidros bioativos (VB) ao CIV na busca da potencialização de suas propriedades remineralizadoras. Os VB foram introduzidos inicialmente por Hentch et al.<sup>18</sup> em 1972, e possuem capacidade de ligar-se quimicamente aos minerais ósseos<sup>60</sup>. Os VB são compostos de óxidos de cálcio, fósforo, silício e sódio em diferentes proporções<sup>48</sup>, os quais se precipitam e conferem ação remineralizadora quando em contato com a dentina. De acordo com Bakry et al.<sup>3</sup>, os VB possuem a capacidade de penetrar nos túbulos dentinários.

Os VB, quando em ambientes aquosos, formam uma camada de apatita em sua superfície, tanto em *in vitro*<sup>36</sup>, como *in vivo*<sup>26,27</sup>. Purton e Rodda<sup>44</sup>, em 1988, apontaram que não somente íons de fluoreto foram liberados do CIV, mas também íons cálcio e fosfato, quando o material foi associado ao VB. Além da capacidade remineralizadora e antibacteriana, que pode ser atribuída ao seu alto valor de pH quando em meio aquoso<sup>21,63</sup>, pode gerar modificações nas propriedades mecânicas do material, como redução da dureza superficial ou aumento da resistência a flexão<sup>53</sup>.

O desempenho clínico de CIV associado à NP ou aos VB depende, portanto, da manutenção das características originais destes materiais, e da qualidade de sua superfície, que possui papel fundamental por estar em contato com o meio bucal e suas intempéries. Uma vez que alterações indesejáveis aconteçam, como aumento da rugosidade superficial, a colonização de microrganismos se torna mais fácil e rápida<sup>45</sup>. O desgaste do material também resulta em rugosidade aumentada, o qual ocorre, dentre outros motivos, em função da escovação dental e depende da qualidade do dentífrico, quantidade de abrasivo em sua composição, qualidade da escova dental e pressão exercida sobre a mesma, além da frequência de escovação<sup>17</sup>. Fatores inerentes do material como a integridade entre a matriz e as partículas de

vidro, o tamanho, forma das partículas, e porosidade também devem ser considerados<sup>58</sup>.

Sabe-se que muitos trabalhos encontrados na literatura demonstram capacidade remineralizadora e antibacteriana dos VB e das NP respectivamente quando associados à diferentes materiais restauradores<sup>2,34,60,63</sup>. Além disso, pesquisas nesta área voltadas para o CIV são escassas e este material é amplamente utilizado na clínica odontológica, principalmente na Odontopediatria. Assim, torna-se importante o desenvolvimento de pesquisas que sanem as dúvidas ainda presentes quanto às possíveis alterações nas propriedades físicas, químicas e mecânicas quando os VB e as NP são associados ao CIV, além de alterações que possam sofrer em função da escovação.

## **7 CONCLUSÃO**

Considerando as propriedades, os protocolos, a NPHPa e o VB estudados, a associação de NP ao CIV mostra-se a mais promissora, uma vez que apresentou valores satisfatórios para dureza superficial. Contudo o CIV convencional não associado às NPHPa ou ao VB ainda é a melhor opção encontrada in vitro, uma vez que apresentou os melhores resultados, já se encontra no mercado e é economicamente a opção mais viável.

## REFERÊNCIAS\*

1. Aliping-McKenzie M, Linden RWA, Nicholson JW. The effect of saliva on surface hardness and water sorption of glass-ionomers and “compomers”. *J Mater Sci Mater Med*. 2003; 14: 869–73.
2. Arita K, Yamamoto A, Shinonaga Y, Harada K, Abe Y, Nakagawa K, et al. Hydroxyapatite particle characteristics influence the enhancement of the mechanical and chemical properties of conventional restorative glass ionomer cement. *Dent Mater J*. 2011; 30(5): 672–83.
3. Bakry AS, Marghalani HY, Amin OA, Tagami J. The effect of a bioglass paste on enamel exposed to erosive challenge. *J Dent*. 2014; 42(11): 1458-63.
4. Bala O, Arisu HD, Yikilgan I, Arslan S, Gullu A. Evaluation of surface roughness and hardness of different glass ionomer cements. *Eur J Dent*. 2012; 6(1): 79-86.
5. Berg JH, Croll TP. Glass ionomer restorative cement systems: an update. *Pediat Dent*. 2015; 37(2): 116-24.
6. Blecher K, Nasir A, Friedman A. The growing role of nanotechnology in combating infectious disease. *Virulence*. 2011; 2(5): 395–401.
7. Bonifácio CC, Kleverlaan CJ, Raggio DP, Werner A, Carvalho RCR, van Amerongen WE. Physical-mechanical properties of glass ionomer cements indicated for atraumatic restorative treatment. *Aust Dental J*. 2009; 54(3): 233–7.
8. Botelho MG. Inhibitory effects on selected oral bacteria of antibacterial agents incorporated in a glass ionomer cement. *Caries Res*. 2003; 37(2): 108–14.
9. Caluwé T, Vercruyse CWJ, Ladik I, Convents R, Declercq H, Martens LC, et al. Addition of bioactive glass to glass ionomer cements: effect on the physico-chemical properties and biocompatibility. *Dent Mater J*. 2017; 33(4): 186-203.

\* De acordo com o Guia de Trabalhos Acadêmicos da FOAr, adaptado das Normas Vancouver. Disponível no site da Biblioteca: <http://www.foar.unesp.br/Home/Biblioteca/guia-de-normalizacao-atualizado.pdf>

10. Carvalho FG, Sampaio CS, Fucio SBP, Carlo HL, Correr-Sobrinho L, Puppini-Rontani RM. Effect of chemical and mechanical degradation on surface roughness of three glass ionomers and a nanofilled resin composite. *Oper Dent.* 2012; 37(5): 509-17.
11. Cibim DD, Saito MT, Giovani PA, et al., Borges AFS, Pecorari VGA, et al. Novel Nanotechnology of TiO<sub>2</sub> Improves physical-chemical and biological properties of glass ionomer cement. *Int J Biomat.* 2017; 2017: 11.
12. Culertson BM, Dotrong MH. Preparation and evaluation of acrylic acid, itaconic acid, and *N*-methacryloylglutamic acid copolymers for use in glass-ionomer type dental restoratives. *J Macromol Sci Pure.* 2000; 37: 419–31.
13. Elsaka SE, Hamouda IM, Swain MV. Titanium dioxide nanoparticles addition to a conventional glass-ionomer restorative: influence on physical and antibacterial properties. *J Dent.* 2011; 39(9): 589-98.
14. Garcia-contreras R, Scougall-vilchis RJ, Contreras-bulnes R, Sakagami H, Morales-luckie RA, Nakajima H. Mechanical antibacterial and bond strength properties of nano-titanium-enriched glass ionomer cement. *J. Appl. Oral Sci.* 2015; 23(3): 321-8.
15. Goldstein GR, Lerner T. The effect of toothbrushing on a hybrid composite resin. *J Prosthet Dent.* 1991; 66(4): 498-500.
16. Hajipour MJ, Fromm KM, Ashkarran AA., Aberasturi DJ, Larramendi IRD, Rojo T, et al. Antibacterial properties of nanoparticles. *Trends Biotechnol.* 2012; 30(10): 499–511.
17. Heath JR, Wilson HJ. Abrasion of restorative materials by toothpaste. *J Oral Rehabil.* 1976;3(2):121-38.
18. Hench L, Splinter R, Allen W, Greenlee TJ. Bonding Mechanisms at the Interface of Ceramic Prosthetic Materials, *J Biomed Mat Res Symp.* 1972; 2: 117.
19. Holmgren CJ, Roux D, Doméjean S. Minimal intervention dentistry: part 5. Atraumatic restorative treatment (ART) - a minimum intervention and minimally invasive approach for the management of dental caries. *Br Dent J.* 2013; 214(1): 11-8.
20. Hook ER, Owen OJ, Bellis CA, Holder JA, O'Sullivan DJ, Barbour ME. Development of a novel antimicrobial releasing glass ionomer cement

- functionalized with chlorhexidine hexametaphosphate nanoparticles. *Journal of Nanobiotechnology*. 2014; 12: 3.
21. Hu S, Chang J, Liu M, Ning C. Study on antibacterial effect of 45S5 Bioglass. *J Mater Sci Mater Med*. 2009; 20: 281–6.
  22. Huh A.J., Kwon Y.J., “Nanoantibiotics”: a new paradigm for treating infectious diseases using nanomaterials in the antibiotics resistant era. *J. Control. Release*. 2011; 156(2): 128–45.
  23. Iwami Y, Yamamoto H, Sato W, Kawai K, Torii M, Ebisu S. Weight change of various light-cured restorative materials after water immersion. *Oper Dent*. 1998; 23(3): 132-7.
  24. Jedrychowski JR, Caputo AA, Kerper S. Antibacterial and mechanical properties of restorative materials combined with chlorhexidines. *J Oral Rehabil*. 1983; 10(5): 373- 81.
  25. Keyf F, Yalçın F. The weight change of various light-cured restorative materials stored in water. *J Contemp Dent Pract*. 2005; 6(2):72-9.
  26. Kokubo T. Bioactive glass ceramics: properties and applications. *Biomaterials*. 1991; 12: 155–63.
  27. Kokubo T. Surface chemistry of bioactive glass ceramics. *J Non-Cryst Solids*. 1990; 120: 138–51.
  28. Komatsu H. Properties and characteristics of glass ionomer cement, glass ionomer dental cement: the materials and their clinical use. Tokyo: Ishiyaku EuroAmerica; 1993.
  29. Lazaridou D, Belli R, Kramer N, Petschelt A, Lohbauer U. Dental materials for primary dentition: are they suitable for occlusal restorations? A two-body wear study. *Eur Arch Paediatr Dent*. 2015; 16(2): 165–172.
  30. Mhaville R, Van Amerongen WE, Mandari G. Residual caries and marginal integrity in relation to Class II glass ionomer restorations in primary molars. *Eur Arch Paediatr Dent*. 2006; 7(2): 81-4.
  31. Mickenautsch S, Mount G, Yengopal V. Therapeutic effect of glass-ionomers: an overview of evidence. *Aust Dent J*. 2011; 56(1): 10–5.
  32. Mitra SB, Wu D, Holmes BN. An application of nanotechnology in advanced dental materials. *J Am Dent Associ*. 2003; 134(10): 1382-90.
  33. Momoi Y, Hirosakil K, Kohnol A, McCabe JE. In vitro toothbrush-dentifrice abrasion of resin-modified glass ionomers. *Dent Mater*. 1997; 13(2): 82-8.

34. Moshaverinia A, Ansari S, Movasaghi Z, Billington RW, Darr JA, Rehman IU. Modification of conventional glass-ionomer cements with N-vinylpyrrolidone containing polyacids, nano-hydroxy and fluoroapatite to improve mechanical properties. *Dent Mater J*. 2008; 24 (10):1381-90.
35. Moshaverinia M, Borzabadi-Farahani A, Sameni A, Moshaverinia A, Ansari S. Effects of incorporation of nano fluorapatite particles on microhardness, fluoride releasing properties, and biocompatibility of a conventional glass ionomer cement (GIC). *Dental Mater J*. 2016; 35(5): 817–21
36. Ohtsuki C, Kokubo T, Yamamuro T. Mechanism of HA formation of CaO–SiO<sub>2</sub>–P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> glasses in simulated body fluid. *J Non-Cryst Solids* 1992; 143: 84–92.
37. Oliveira ALBM, Pinheiro MC, Silva RC, Aquino SG, Santos-Pinto LAM, Zuanon ACC. Hardness and surface roughness of glass ionomer cements after simulated toothbrushing. *J Health Sci Inst*. 2013; 31(3): 244-7.
38. Palmer G, Jones FH, Billington RW, Pearson GJ. Chlorhexidine release from an experimental glass ionomer cement. *Biomaterials*. 2004; 25(23): 5423-31.
39. Panigrahi A, Sudeep S, Sharma S, Mohanty S. Comparative evaluation of fluoride recharge ability of conventional and hydroxyapatite modified glass ionomer cement with daily low fluoride exposure - an invitro study. *J Clin Diag Resc*. 2016; 10(2): 53-5.
40. Park HJ, Roh J, Kim S, Choi K, Yi J, Kim Y, et al. Biofilm-inactivating activity of silver nanoparticles: a comparison with silver ions. *J. Ind Eng Chem*. 2013; 19:614–9.
41. Pellegrinetti MB, Imparato JCP, Bressan MC, Pinheiro SL, Echeverria SR. Avaliação da retenção do cimento de ionômero de vidro em cavidades atípicas restauradas pela técnica restauradora atraumática. *Pesqui Bras Odontopediatria Integr*. 2005; 5(3): 209.
42. Prabhakar A, Paul M J, Basappa N. Comparative evaluation of the remineralizing effects and surface micro hardness of glass ionomer cements containing bioactive glass (S53P4): an in vitro study. *Int J Clin Pediat Dent*. 2010; 3(2): 69-77.
43. Prentice LH, Tyas MJ, Burrow MF. The effect of ytterbium fluoride and barium sulphate nanoparticles on the reactivity and strength of a glass-ionomer cement. *Dent Mater*. 2006; 22(8): 746- 51.

44. Purton DG, Rodda JC. Artificial caries around restorations in roots. *J Dent Res.* 1988; 67(5): 817–21.
45. Rios D, Honório HM, Araújo PA, Machado MAAM. Wear and superficial roughness of glass ionomer cements used as sealants, after simulated tooth brushing. *Pesqui Odontol Bras* 2002;16(4):343-8.
46. Silva RC, Zuanon ACC. Surface roughness of glass ionomer cements indicated for atraumatic restorative treatment (ART). *Braz Dent J.* 2006; 17(2): 106-9.
47. Sousa LSA, Amorim DMG, Messias AM, Caldas SGFR, Galvão MR. Comparative study in vitro wear resistance between powder/liquid glass ionomer cement and encapsulated. *Rev Odontol UNESP.* 2017; 46(1): 51-5
48. Stoor P, Söderling E, Salonen J. Antibacterial effects of a bioactive glass paste on oral microorganisms. *Acta Odontol Scand.* 1998; 56(3): 161–5.
49. Sun J, Forster AM, Johnson PM, Eidelman N, Quinn G, Schumacher G, et al. Improving performance of dental resins by adding titanium dioxide nanoparticles. *Dent Mater.* 2011; 27(10): 972-82
50. Takahashi Y, Imazato S, Kaneshiro AV, Ebisu S, Frencken JE, Tay FR. Antibacterial effects and physical properties of glass-ionomer cements containing chlorhexidine for the ART approach. *Dent Mater.* 2006; 22(7): 647–52.
51. Thomassewski MHD, Santos FA, Wambier DS. Wear of glass ionomer cement indicated atraumatic restorative treatment after simulated toothbrushing. *Rev Odontol UNESP.* 2009; 38(3): 135-42.
52. Türkun LS, Turkun M, Ertugrul F, Ates M, Brugger S. Long-term antibacterial effects and physical properties of a chlorhexidine-containing glass ionomer cement. *J Esthet Restor Dent.* 2008; 20(1): 29-44.
53. Valanezhad A, Odatsu T, Udoh K, Shiraishi T, Sawase T, Watanabe I. Modification of resin modified glass ionomer cement by addition of bioactive glass nanoparticles. *J Mater Sci: Mater Med.* 2016; 27:3.
54. Wandera A, Spencer P, Bohaty B. In vitro comparative fluoride release, and weight and volume change in light-curing and self-curing glass ionomer materials. *Pediatr Dent.* 1996; 18(3): 210-4.
55. Wilson AD, Groffman DM, Kuhn AT. The release of fluoride and other chemical species from a glass-ionomer cement. *Biomaterials.* 1985; 6: 431-3.

56. Wilson AD, Kent BE. A new translucent cement for dentistry. The glass ionomer cement. *Br Dent J.* 1972; 132(4):133-5.
57. Xia Y, Zhang F, Xie H, Gu N. Nanoparticle-reinforced resin-based dental composites. *J Dent.* 2008; 36(6): 450-5.
58. Xie D, Brantley WA, Culbertson BM, Wang G. Mechanical properties and microstructures of glass-ionomer cements. *Dent Mater.* 2000; 16(2): 129-38.
59. Yan H, Yang H, Li K, Yu J, Huang C. Effects of chlorhexidine-encapsulated mesoporous silica nanoparticles on the anti-biofilm and mechanical properties of glass ionomer cement. *Molecules.* 2017; 22(7): 1225.
60. Yap AUJ, Pek YS, Kumar RA, Cheang P, Khor KA. Experimental studies on a new bioactive material: HA ionomer cements. *Biomaterials.* 2002; 23: 955-62.
61. Yli-Urpo H, Forsback AP, Väkiparta M, Vallittu PK, Närhi TO. Release of silica, calcium, phosphorus and fluoride from glass ionomer cement containing bioactive glass. *J Biomater Appl.* 2004; 19: 5-20.
62. Yli-Urpo H, Lassila LV, Närhi I, Vallittu PK. Compressive strength and surface characterization of glass ionomer cements modified by particles of bioactive glass. *Dent Mater.* 2005; 21(3): 201-9.
63. Yli-Urpo H, Närhi T, Soderling E. Antimicrobial effects of glass ionomer cements containing bioactive glass (S53P4) on oral micro-organisms in vitro. *Acta Odontol Scand.* 2003; 61(4): 241–6.